



## Melhoria da produtividade através da maximização da utilização dos equipamentos ? caso de estudo

GABRIEL DA SILVA MOREIRA

outubro de 2025

**Melhoria da produtividade através da  
maximização da utilização dos equipamentos –  
caso de estudo**

**Gabriel da Silva Moreira**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Mestrado em Engenharia Mecânica, Área de Especialização em  
Gestão Industrial**

**Orientador:** Doutor José Carlos Vieira de Sá, Professor coordenador, Instituto Superior  
Engenharia do Porto



# Agradecimentos

A conclusão desta tese não teria sido concretizada com o apoio e suporte de várias pessoas, por isso expresso a minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a concretização deste trabalho. Em primeiro lugar aos meus pais e a minha irmã pelo suporte e incentivo ao longo do meu percurso académico.

Ao meu orientador, professor José Carlos Vieira de Sá e a minha orientadora de estágio Eng<sup>a</sup>. Andrea Carneiro pela orientação dedicada, pela disponibilidade, pelo acompanhamento prestado em todas as decisões e pelas valiosas contribuições ao longo deste processo.

A todos os funcionários da Lidergraf por me terem recebido e permitido a realização deste trabalho, nomeadamente a produção e a equipa de manutenção que muito conhecimento me transmitiu.

A minha rede de amigos pelo apoio incondicional prestado e pelas discussões valiosas e incentivo constante, que permitiram a conclusão do meu curso.

A todos os docentes ISEP, que sempre mostram prontidão em ajudar para qualquer dúvida ao longo destes cinco anos letivos e aos meus colegas de curso pelo companheirismo prestado, pelos conselhos e pelos conhecimentos trocados.

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada académica, o meu mais profundo agradecimento!



# Resumo

A presente dissertação teve como finalidade a conclusão do Mestrado de Engenharia Mecânica, com especialização em Gestão Industrial. Aborda a otimização dos processos de manutenção na Lidergraf - Artes Gráficas, S.A, uma empresa gráfica situada no norte de Portugal. Esta dissertação procura responder à questão “*De que forma as metodologias de manutenção e as ferramentas lean contribuem para a melhoria da performance e para a maximização da produtividade dos equipamentos?*”.

A investigação seguiu os princípios da *Action-Research*, combinando a investigação científica com a intervenção prática no chão de fábrica. Para atingir este objetivo, foram aprofundadas metodologias de manutenção como o TPM e RCM, bem como implementadas ferramentas *lean* no contexto da manutenção e a sua aplicação prática. Os problemas foram identificados através de diagramas de causa-efeito, da técnica dos 5 porquês e de árvores de problemas, analisando aspetos como a sobremanutenção, tempos improdutivos, deslocações da equipa de manutenção, a passividade dos operadores e gestão dos aprovisionamentos.

A criação de planos de manutenção preventiva para equipamentos de impressão *offset* inexistentes, bem como a reformulação de planos de manutenção em máquinas de impressão rotativa, resultou no aumento da disponibilidade de máquina em 299,4 horas, equivalente a 172 075 €.

A melhoria dos trajetos e a utilização de carrinhos de ferramentas por parte dos técnicos cria a possibilidade de reduzir tempos de deslocamento em até 5,3 % e 2,53 %, respetivamente, gerando benefícios económicos adicionais. A passividade por parte dos operadores, quando a máquina está a ser intervencionada, pode ser minimizada com a realização de tarefas preventivas, preparação de próximos *setups* ou colaboração noutras máquinas. Esta mudança de cultura permitirá uma poupança de 284 horas anuais, equivalente a 87 472 €.

Na gestão de stocks, a reorganização da sequência lógica da numeração das prateleiras, a criação de novas planilhas das máquinas e do layout do armazém, com a verificação e atualização dos artigos de cada prateleira, regularizou 103 347,95 € do inventário e identificou 1 110 novos artigos, representando um aumento de 19,6 % face ao stock anteriormente não contabilizado. Esta identificação de stock oculto é extremamente benéfica, pois possibilita um controlo mais rigoroso, otimização do espaço e melhor planeamento das necessidades futuras.

Os resultados evidenciam que a integração das metodologias da manutenção com as ferramentas *lean* são uma mais-valia para o aumento da produtividade dos ativos, redução dos desperdícios dos recursos e aumento da eficiência operacional, demonstrando valor económico direto e melhoria da performance na Lidergraf.

**Palavras-chave:** Manutenção, Sobremanutenção, TPM, RCM, Gestão de stock, Deslocações, Filosofia Lean



# Abstract

This dissertation was aimed at completing a master's degree in mechanical engineering, with a specific area in Industrial Management. It addresses the optimization of maintenance processes at Lidergraf – Artes Gráficas, S.A., a printing company located in the north of Portugal. This dissertation seeks to answer the question "How do maintenance methodologies and lean tools contribute to improving performance and maximizing equipment productivity?"

The research followed the principles of Action-Research, combining scientific research with practical intervention on the shop floor. To achieve this objective, maintenance methodologies such as TPM and RCM were explored in depth, and lean tools were implemented in the maintenance context and their practical application. Problems were identified through cause-and-effect diagrams, the 5 whys, and problem trees, analyzing aspects such as over maintenance, downtime, maintenance team travel, operator passivity, and supply management.

The creation of preventive maintenance plans for offset printing equipment that was nonexistent, as well as the reformulation of maintenance plans for rotary printing machines, resulted in an increase in machine availability of 299,4 hours, equivalent to €172 075.

Improving routes and using tool carts by technicians creates the possibility of reducing travel times by up to 5,3% and 2,53%, respectively, generating additional economic benefits. Passivity on the part of operators when the machine is being serviced can be minimized by performing preventive tasks, preparing future setups, or collaborating on other machines. This culture change will result in savings of 284 hours per year, equivalent to €87 472.

In stock management, the reorganization of the logical sequence of shelf numbers, the creation of new machine spreadsheets and the warehouse layout, with the verification and updating of the items on each shelf, regularized €103 347,95 of inventory and identified 1 110 new items, representing a 19,6% increase compared to previously unaccounted inventory. This identification of hidden inventory is extremely beneficial, as it allows for stricter control, space optimization, and better planning for future needs.

The results show that the integration of maintenance methodologies with lean tools is a great boon for increasing asset productivity, reducing resource waste, and increasing operational efficiency, demonstrating direct economic value and improved performance at Lidergraf.

**KEYWORDS:** Maintenance, Over maintenance, TPM, RCM, Inventory management, Movement, Lean philosophy



# Índice

Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tabelas.....	xiii
Acrónimos e Símbolos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia.....	2
1.4. Estrutura do Relatório.....	3
1.5. Empresa de acolhimento.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1. Metodologia da revisão da literatura.....	5
2.2. Manutenção.....	6
2.2.1. Evolução da manutenção.....	7
2.2.2. Tipos de manutenção.....	7
2.2.3. Gestão do ciclo de vida dos ativos.....	9
2.2.4. Indicadores de desempenho na manutenção.....	10
2.3. Modelos/Metodologias da manutenção.....	11
2.3.1. <i>Total Productive Maintenance</i> .....	11
2.3.2. <i>Condition Based Maintenance</i> .....	17
2.3.3. <i>Reliability Centered Maintenance</i> .....	19
2.4. <i>Lean Maintenance</i> .....	22
2.4.1. Ferramentas <i>Lean</i> .....	25
2.5. Análise crítica da revisão bibliográfica.....	31
3. Desenvolvimento.....	33
3.1. Apresentação da empresa.....	33
3.2. Processo produtivo.....	33
3.3. Preocupação ambiental.....	38
3.3.1. Certificações Lidergraf.....	40
3.4. Situação atual da empresa.....	41
3.4.1. Equipa de manutenção e pedidos de manutenção.....	41
3.4.2. Atividades da equipa de manutenção.....	44
3.4.3. Manutenção preventiva e autónoma.....	47
3.4.4. <i>Stocks</i> .....	51
3.4.5. Identificação de problemas.....	53
4. Propostas/ações de melhoria.....	59

4.1. Implementação de planos de manutenção preventiva .....	59
4.2. Redução dos desperdícios das atividades da equipa de manutenção.....	62
4.3. Sobremanutenção da manutenção preventiva.....	70
4.4. Melhoria/normalização dos <i>stocks</i> da manutenção .....	79
5. Análise e discussão de resultados.....	91
5.1. Resultados da otimização das deslocações da equipa de manutenção.....	91
5.2. Efeitos da manutenção preventiva e sobremanutenção no desempenho e aumento produtivo dos ativos .....	93
5.3. Resultados da melhoria da gestão dos <i>stocks</i> .....	96
6. Conclusão .....	99
6.1. Conclusões finais .....	99
6.2. Limitações e trabalhos futuros.....	100
Referências.....	103
Declaração de Integridade .....	113

# Lista de Figuras

Figura 1 - Logótipo da Lidergraf .....	4
Figura 2 - Entrada Lidergraf.....	4
Figura 3 - Tipos de manutenção, adaptado de NP EN 13306:2021 .....	8
Figura 4 - Oito pilares do TPM, adaptado de Andersson et al. (2015).....	13
Figura 5 - Sequência de passos para aplicação do RCM, adaptado de (Rausand, 1998). .....	20
Figura 6 - Mapa de relações VosViewer.....	32
Figura 7 - Unidades de impressão offset.....	35
Figura 8 - Estufa da impressão offset.....	36
Figura 9 - Máquina de pó e saída, respetivamente .....	36
Figura 10 - Formato do papel e entrada na máquina, impressão rotativa e offset, respetivamente .....	37
Figura 11 - Logótipo da ODS 7, ODS 9, ODS 12 E ODS 13.....	39
Figura 12 - Formulário para registo de um PedMan.....	42
Figura 13- Distribuição dos níveis de PedMan nos anos de 2023 e 2024.....	43
Figura 14 - Distribuição, em percentagens, das atividades pelos quatro técnicos da manutenção .....	46
Figura 15 - Layout dos edifícios da Lidergraf .....	47
Figura 16 - Visualização das tarefas da manutenção preventiva dos operadores.....	49
Figura 17 - Taxa de cumprimento de manutenções preventivas entre 2023 até 2025.....	50
Figura 18 - Incumprimento das manutenções preventivas pelos operadores .....	50
Figura 19 - Peças com elevados níveis de deterioração .....	51
Figura 20 – Parâmetros de um artigo .....	52
Figura 21 - Percentagem do valor monetário por secção.....	53
Figura 22 - Diagrama de Ishikawa relativo as dificuldades da equipa de manutenção .....	54
Figura 23 - Ferramenta 5 porquês relativos ao incumprimento das manutenções preventivas.....	56
Figura 24 - Árvore de problemas relativos aos stocks indisponíveis .....	57
Figura 25 - Exemplos de manutenções preventivas .....	60
Figura 26 - Quantidade de tarefas versus a sua periodicidade nas máquinas 109/110 SpeedMaster CD .....	60
Figura 27 - Quantidade de tarefas versus a sua periodicidade na máquina 111 Speedmaster SM .....	61
Figura 28 - Responsáveis e suas quantidades de tarefas atribuídas nas máquinas 109/110 SpeedMaster CD .....	61
Figura 29 - Responsáveis e suas quantidades de tarefas atribuídas na máquina 111 SpeedMaster SM .....	62
Figura 30 - Média do tempo despendido pelas atividades da equipa de manutenção.....	63
Figura 31 - Diagrama de esparguete de um técnico .....	64
Figura 32 - Representação gráfica dos 2 trajetos.....	65
Figura 33 - Média dos trajetos superiores e inferiores efetuada pelos quatro mecânicos .....	66
Figura 34 - Três trajetos possíveis da deslocação do edifício 1 para o 2 .....	67

Figura 35 - Quantidade de manutenções programadas no ano de 2024 por equipamento .....	71
Figura 36 - Maior incidência de Pedman pelos recursos ao longo dos anos de 2023,2024 e 2025 .....	71
Figura 37 - Quantidade de PedMan registados relacionados com zona da máquina Lithoman	74
Figura 38 - Quantidade de PedMan registados relacionados com a zona da máquina M600 ..	74
Figura 39 - Descrição das tarefas e as propostas de alteração da periodicidade do equipamento Lithoman .....	76
Figura 40 - Descrição das tarefas e as propostas de alteração da periodicidade do equipamento M600.....	77
Figura 41 - Opções para alteração da periodicidade .....	77
Figura 42 - Proposta de alteração da periodicidade com os tempos de execução das tarefas das máquinas Lithoman e M600, respetivamente .....	78
Figura 43 - Prateleiras Lidergraf e sua numeração .....	80
Figura 44 - Layout da disposição das prateleiras .....	81
Figura 45 - Duplicação do número de prateleira P127 e P128 .....	82
Figura 46 - Melhoria na sinalética das prateleiras .....	83
Figura 47 - Melhoria na sinalética das correias.....	83
Figura 48 - Antiga e nova planificação da máquina por prateleira .....	84
Figura 49 - Folha com artigos antes da revisão das prateleiras.....	85
Figura 50 - Separação dos artigos identificados dos não identificados .....	85
Figura 51 - Referências não registadas no sistema e suas informações .....	86
Figura 52 - Arrumação e organização das prateleiras.....	86
Figura 53 - Informações necessárias para registo de artigos no sistema B2B .....	87
Figura 54 - Inserção de quantidades e preços unitários no sistema B2B .....	87
Figura 55 - Leitor de códigos .....	87
Figura 56 - Etiqueta com as informações do artigo .....	88
Figura 57 - Prateleira com códigos em todas as prateleiras .....	88
Figura 58 - Número de artigos fora da prateleira .....	89
Figura 59 - Tarefas de manutenções preventivas com periodicidade alargada .....	94
Figura 60 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas no equipamento Lithoman.....	95
Figura 61 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas no equipamento M600.....	95

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização do conceito Manutenção.....	6
Tabela 2 - Caracterização dos tipos de manutenção .....	8
Tabela 3 - Propósito dos KPIs, adaptado de (Wiktorsson et al., 2018) .....	10
Tabela 4 - Indicadores de desempenho de manutenção.....	10
Tabela 5 - Significado TPM, adaptado de (Paçaiová & Ižaríková, 2019) .....	12
Tabela 6 - Níveis de criticidade .....	42
Tabela 7 - Data máxima para alteração da prioridade.....	43
Tabela 8 - Previsão de dias para resolução dos problemas .....	43
Tabela 9 - Percentagem de PedMan dentro o SLA .....	44
Tabela 10 - Distribuição de tempo da análise das atividades .....	45
Tabela 11 - Média das atividades da manutenção, em percentagem .....	46
Tabela 12 - Tempo médio entre edifícios da equipa de manutenção .....	47
Tabela 13 - Partnumber, artigos e valor monetário de stock de manutenção .....	52
Tabela 14 - Top 3 dos ativos com mais valor em stock.....	52
Tabela 15 – Nº médio de dias dos artigos estacionários na Lidergraf .....	53
Tabela 16 - Total de viagens até finalização de um PedMan.....	65
Tabela 17 - Percentagem de tempo em deslocações relativas a esquecimento de ferramentas .....	67
Tabela 18 - Checklist de ferramentas não planeadas pelos mecânicos ao realizar PedMan ....	68
Tabela 19 - Atividade dos operadores quando tem os mecânicos a efetuar uma intervenção na máquina .....	69
Tabela 20 - Diminuição dos tempos de deslocamento e sensibilização dos operadores para manutenção preventiva.....	70
Tabela 21 - Taxa de cumprimento de tarefas preventivas relativas à sua periodicidade, da máquina Lithoman entre 2023 e 2025.....	72
Tabela 22 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas relativas à sua periodicidade, do equipamento M600 entre 2023 e 2025.....	72
Tabela 23 - Processo de relacionamento da descrição efetuada pelo operador com a zona e problema da máquina.....	73
Tabela 24- Manutenções preventivas existentes e a quantidade com possibilidade de alteração da periodicidade, da máquina Lithoman .....	75
Tabela 25 - Manutenções preventivas existentes e a quantidade com possibilidade de alteração da periodicidade, da máquina M600 .....	75
Tabela 26 - Nº de manutenções preventivas com a periodicidade alargada pelas respetivas máquinas.....	77
Tabela 27 - Poupança de tempos anuais em minutos dos dois ativos .....	79
Tabela 28 - Melhorias do plano de manutenção do equipamento Lithoman e M600 anualmente .....	79
Tabela 29 - Artigos criados, quantidades e valor total do stock criado .....	89

Tabela 30 - Valor de stock e percentual com a verificação das prateleiras dos artigos de manutenção .....	90
Tabela 31 - Horas e lucros das melhorias em deslocações e do comportamento passivo dos operadores anualmente .....	92
Tabela 32 - Quantidade de tarefas criadas nos três ativos relativo à sua periodicidade .....	93
Tabela 33 - Poupança de horas e lucros pela disponibilidade de máquina .....	95

# Acrónimos e Símbolos

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsue</i>
CMB	<i>Condition Based Maintenance</i>
CNC	<i>Computer Numerical Control</i>
FMEA	<i>Failure Mode Effect Analysis</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIMP	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
Pedman	Pedido de manutenção
PRISMA	Preferred Reporting items for Systematic Reviews and Meta Analyses
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
SW	<i>Standard Work</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WoS	<i>Web of Science</i>



# 1. Introdução

Este primeiro capítulo divide-se em cinco tópicos e tem como função primordial enquadrar o tema proposto, pretendendo-se contextualizar o tema a ser desenvolvido, elencar as premissas base para aplicação prática sobre os equipamentos, definir a metodologia a adotar, elaborar uma descrição da estrutura de organização do trabalho e, por fim, apresentar brevemente a empresa de acolhimento.

## 1.1. Contextualização

Nos dias de hoje, a competitividade para a classe mundial tornou-se um imperativo para as empresas. O aumento das exigências dos clientes fomenta a necessidade da procura contínua pela inovação, descoberta de novas tecnologias e implementação de práticas de melhoria contínua, com o objetivo de satisfazer e até superar as expectativas dos clientes (Waeyenbergh & Pintelon, 2002). Estas exigências proporcionam uma busca incessante por novas estratégias e métodos que promovam um aumento da eficácia e eficiência de toda uma organização.

Neste contexto, a área da manutenção emerge como um dos principais pilares fundamentais para suportar estas ideias, contribuindo assim para um crescimento contínuo das organizações. O conjunto das ações tomadas nesta área impacta diretamente a disponibilidade dos equipamentos, a qualidade dos produtos, os custos associados e a gestão eficiente dos recursos. Estas variáveis quando bem orientadas impulsionam o desempenho e competitividade da organização.

Com os avanços na investigação e o desenvolvimento de novas estratégias e tecnologias no campo da manutenção existentes no mercado, emergem conceitos e abordagens orientados para a redução de desperdícios e a otimização de recursos. Esta dissertação foca-se precisamente nestes aspetos, procurando aplicar tais estratégias à realidade de uma empresa gráfica, com vista à melhoria da gestão dos recursos humanos da manutenção e à maximização da disponibilidade dos ativos.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica, com especialização em Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. O estágio decorreu em contexto industrial, na empresa Lidergraf - Artes Gráficas, S.A., localizada em Vila do Conde.

A aplicação prática de pilares do TPM e da metodologia do RCM, em articulação com a utilização de ferramentas *lean* visa potenciar a disponibilidade dos ativos como elemento central,

## Introdução

assegurando simultaneamente a eficiência na gestão dos recursos organizacionais e a sustentabilidade operacional. A disponibilidade dos ativos está igualmente associada a uma melhoria sustentável, uma vez que permite alcançar mais resultados com menos recursos, reforçando assim a competitividade da empresa.

### 1.2. Objetivos

O bom funcionamento de um ativo está associado a um bom contributo por parte da manutenção, dado que dentro das organizações os custos com a manutenção têm um peso considerável. Assim, a finalidade primordial deste trabalho é contribuir positivamente para a manutenção de uma indústria gráfica, de forma a melhorar a performance e maximizar o tempo produtivo dos equipamentos, através da adoção de estratégias, modelos e ferramentas aplicadas à manutenção. A questão da investigação desta dissertação é: *“De que forma as metodologias de manutenção e as ferramentas lean contribuem para a melhoria da performance e para a maximização da produtividade dos equipamentos?”*

Os objetivos são desdobrados pelos seguintes passos:

- Conhecer, analisar e recolher dados sobre o processo produtivo e o ambiente operacional da empresa acolhedora
- Identificar pontos de desperdício relativos aos recursos na manutenção da empresa
- Identificar desperdícios devido à sobremanutenção
- Investigar práticas e metodologias para a melhoria da situação da empresa
- Desenvolver e elaborar estratégias específicas para a maximização dos ativos
- Comparar o desempenho e os resultados das estratégias implementadas
- Avaliar os impactos económicos das mudanças implementadas

### 1.3. Metodologia

No âmbito desta dissertação recorreu-se à metodologia *Action-Research*, caracterizada pela integração entre teoria e prática, permitindo mudanças estruturadas e reflexão crítica sobre situações problemáticas concretas. Este processo desenvolve-se de forma iterativa e cíclica, possibilitando a análise, intervenção e melhoria contínua das estratégias adotadas, garantindo a ligação entre investigação e prática (Avison et al., 1999).

O ciclo *Action-Research* pode ser descrito em etapas sucessivas. Inicialmente, procede-se à identificação do problema a ser abordado, bem como a definição dos objetivos a alcançar. Segue-se o planeamento da ação, que envolve o desenvolvimento de estratégias para enfrentar o problema e o estabelecimento de indicadores que permitam monitorizar a eficácia das intervenções. A etapa seguinte consiste na implementação da ação, em que as estratégias planeadas são executadas, com registo e documentação de todo o processo. Por fim, procede-se à avaliação e reflexão sobre os resultados obtidos, analisando os impactos da ação

implementada e permitindo ajustes ou o redesenho dos ciclos subsequentes. Dessa forma, a metodologia *Action-Research* constitui um processo dinâmico e contínuo, em que a prática informada pela investigação contribui para a melhoria constante das estratégias adotadas (Jensen & Dikilitas, 2025).

## 1.4. Estrutura do Relatório

O presente trabalho apresenta-se organizado em seis capítulos distintos, apresentados do seguinte modo:

O primeiro capítulo introduz de forma geral o trabalho a ser desenvolvido, os objetivos a serem alcançados, a metodologia a ser seguida e uma breve apresentação da empresa onde será realizada a dissertação.

O segundo capítulo é destinado à revisão da literatura, que tem como propósito apoiar e situar a pesquisa dentro do contexto em que esta se insere. Detalha algumas ferramentas, conceitos e metodologias utilizadas para elaboração da dissertação.

O terceiro capítulo apresenta primeiramente a história da empresa, o processo produtivo interno, a preocupação ambiental e os certificados em vigor atualmente. Em seguida descreve-se a situação atual observada nos últimos anos quanto às manutenções preventivas, a descrição das atividades executadas pela equipa de manutenção e a gestão de aprovisionamentos, identificando-se posteriormente os problemas identificados.

O quarto capítulo dedica-se às propostas de melhoria na Lidergraf, com a incorporação de planos preventivos em equipamentos em falta, possibilidades de aumento da eficiência nas deslocções dos técnicos de manutenção, a diminuição da carga de manutenções nas máquinas rotativas e por fim a normalização e melhoria na gestão dos *stocks*.

O quinto capítulo alude-se aos resultados dos tópicos abordados no quarto capítulo, de forma a resumir os resultados dos problemas identificados.

O sexto capítulo apresenta as conclusões finais da dissertação, bem como as dificuldades encontradas ao longo do estágio e possíveis propostas e trabalhos futuros.

## 1.5. Empresa de acolhimento

A Lidergraf - Artes Gráficas, S.A. é uma empresa portuguesa sediada em Árvore, Vila do Conde. Fundada em 1994 e atua no setor de impressão gráfica. Dedicase ao fabrico de inúmeras revista, livros, brochuras, cadernos e cartazes diariamente. Na Figura 1 apresenta-se o logótipo da empresa.

## Introdução



Figura 1 - Logótipo da Lidergraf

A missão da Lidergraf é “oferecer soluções e produtos gráficos, a um preço justo e com absoluta responsabilidade social, ambiental e ética”. A empresa adota uma mentalidade sustentável preocupando-se com os seus parceiros, colaboradores, clientes, fornecedores e o meio ambiente. Atualmente, estão implementados diversos certificados, desde a gestão da qualidade até à gestão ambiental, que contribuem positivamente para a diminuição da pegada ecológica. Hoje, a Lidergraf é uma marca de referência em Portugal, e procura afirmar-se a nível europeu



Figura 2 - Entrada Lidergraf

## 2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é apresentado um enquadramento conceptual da área da manutenção. Em seguida, são abordados conceitos de metodologias como TPM, RCM E CBM com ênfase na sua relevância em contextos industriais. Por fim, discute-se o conceito de *Lean Maintenance*, explorando a sua integração com metodologias e ferramentas orientadas para a eficiência e eliminação de desperdícios. O capítulo integra ainda diversos casos de estudo que evidenciam estratégias e práticas aplicadas, ilustrando de que forma estas abordagens contribuem para reforçar a competitividade e a sustentabilidade organizacional.

### 2.1. Metodologia da revisão da literatura

Para a realização do presente trabalho, foi utilizada maioritariamente a base de dados Web of Science (WoS) desenvolvida pela Clarivate Analytics. Oferece acesso a recursos de alta qualidade, como artigos científicos, conferências, patentes, livros e publicações académicas das mais variadas áreas científicas.

A parte bibliográfica foi conduzida seguindo as recomendações da metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA), que visa melhorar a transparência e a qualidade na elaboração de revisões sistemáticas. Esta metodologia tem como objetivo principal organizar e filtrar a pesquisa de forma sistemática, aplicando critérios claros para selecionar e avaliar estudos relevantes (Page et al., 2021). Para a realização da metodologia PRISMA, foram seguidas etapas, de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos. Os critérios de inclusão e exclusão que serviram para refinar os resultados da pesquisa foram o ano de publicação, relevância do autor, as palavras-chave fornecidas pelo autor e as áreas científicas relacionadas. Esses filtros garantiram que a revisão sistemática abordasse os estudos mais relevantes para o tema investigado. Além disso, foram utilizados operadores lógicos (como “or” e “and”) como estratégia de busca de combinações de palavras assegurando que os resultados englobassem interseções dos conceitos.

Deste modo, a investigação foi iniciada com o recurso às palavras-chave abrangentes, incluindo “*Total Productive Maintenance*” (TPM), “*Condition-Based Maintenance*” (CBM), “*Reliability Centered Maintenance*” (RCM), “*Lean Maintenance*” e “*Maintenance*”, de forma a captar os estudos mais relevantes relacionados com as metodologias e estratégias de manutenção abordadas neste trabalho.

A aplicação desta metodologia e dos critérios garantiu a transparência, sistematicidade e reprodutibilidade da revisão sistemática realizada.

## 2.2. Manutenção

Nos últimos anos a manutenção e os sistemas de substituição têm sido um alvo amplamente estudado. Esta crescente importância da manutenção leva ao desenvolvimento e implementação de estratégias para melhorar a fiabilidade dos sistemas, prevenindo a deterioração, mitigando a ocorrência de falhas e reduzindo os custos de manutenção (Wang, 2002).

Embora julgada como um mal no passado, hoje é considerado um contributo para o lucro na maioria das empresas (Mathew et al., 2022).

A justificação do investimento na manutenção que surge ao longo destes anos visa apoiar o desenvolvimento de novas estratégias e técnicas para melhorar o desempenho dos ativos. O aumento da eficácia, da eficiência e da desaceleração da taxa de deterioração dos ativos são fatores que contribuem para uma redução de custos, minimização dos tempos de paragem, melhoria na qualidade dos produtos e eliminação de desperdícios (Saihi et al., 2023).

Segundo a norma NP EN 13306:2021, “falha” é definida como a perda da capacidade de desempenhar o papel específico, enquanto “avaria” é uma condição de deterioração ou desgaste que pode resultar em falha.

Estes dois termos estão intimamente interligados ao termo manutenção, pelo que a caracterização da manutenção deve ser realizada. Na Tabela 1 apresenta-se a definição da manutenção vista por diversos autores.

Tabela 1 - Caracterização do conceito Manutenção

<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
NP EN 13306:2021	Conjunto de ações técnicas, administrativas e de gestão realizadas ao longo do ciclo de vida de um bem, com o objetivo de preservar ou repor num estado que cumpra a sua função prevista.
(Higgins et al., 2008)	A manutenção tem como objetivo garantir uma maior fiabilidade dos ativos, máxima vida útil dos ativos e aumentar a rentabilidade dos custos no ciclo de vida do ativo.
(Moubray, 1997)	A manutenção tem como objetivo assegurar que os ativos continuam a efetuar as tarefas que os utilizadores desejam que seja realizada.
(Pincioli et al., 2023)	O papel da manutenção surgiu para antecipar falhas de componentes, antecipar a degradação do desempenho do sistema e aumentar a fiabilidade de ativos.

---

(C. Ferreira et al., 2021)	Manutenção é definida como um conjunto de ações tomadas para manter os ativos dentro de um nível de serviço preestabelecido
----------------------------	---

---

### 2.2.1. Evolução da manutenção

Desenvolver estratégias apropriadas para os equipamentos pode não só melhorar a fiabilidade dos equipamentos e o seu ciclo de vida, mas também reduzir significativamente os custos de manutenção (X. Li et al., 2023).

A manutenção sofreu inúmeras alterações nos últimos anos. Segundo Arunraj & Maiti (2007) a primeira geração da manutenção pertence à época da segunda guerra mundial. As indústrias não eram tão mecanizadas, os equipamentos eram de simples design o que os tornava de fácil conserto. Apenas se reparava os equipamentos quando ocorria a sua falha e os métodos para prever estas falhas eram inexistentes. A segunda geração pertence ao período entre a segunda guerra mundial e os anos setenta. Começaram a surgir máquinas mais sofisticadas e complexas e um aumento pela sua dependência. A reparação já não servia como um modelo exemplar, pois o custo de reparação tornava-se mais caro. A manutenção preventiva surgiu, porém muitas vezes utilizada de forma incorreta. Entre os anos noventa e dois mil iniciou-se uma nova geração. Era caracterizada pelo aumento contínuo da complexidade, pelo uso da automação, sistemas *just in time* de produção e pelo uso, aumento da procura pela qualidade dos produtos/serviços e um uso de legislação mais rigorosa. Também houve a criação de novas metodologias como o *reliability centered maintenance* (RCM) e *condition based maintenance* (CMB). Por fim, na geração mais recente, iniciaram-se as metodologias de manutenção baseada no risco de ativos. Novas formas de pensamento, com a preocupação com custo, tempo de vida de um ativo, segurança e meio ambiente entrelaçavam-se.

### 2.2.2. Tipos de manutenção

A seleção de uma estratégia ideal é uma das principais decisões estratégicas que devem ser tomadas em muitos contextos, de forma a manter um ativo com deterioração mínima e proporcionar o máximo rendimento com elevada qualidade. Quando se consideram o custo de manutenção, longevidade, fiabilidade e segurança dos ativos os decisores da organização devem selecionar uma estratégia de manutenção adequada. Compreender as diferenças entre os tipos de manutenção é essencial para a otimização de recursos e a mitigação de riscos operacionais (Mathew et al., 2022).

A Figura 3 representa a normalização nacional que subdivide a manutenção em manutenção preventiva (Condicionada, Sistemática) e em manutenção corretiva (Diferida, Imediata).

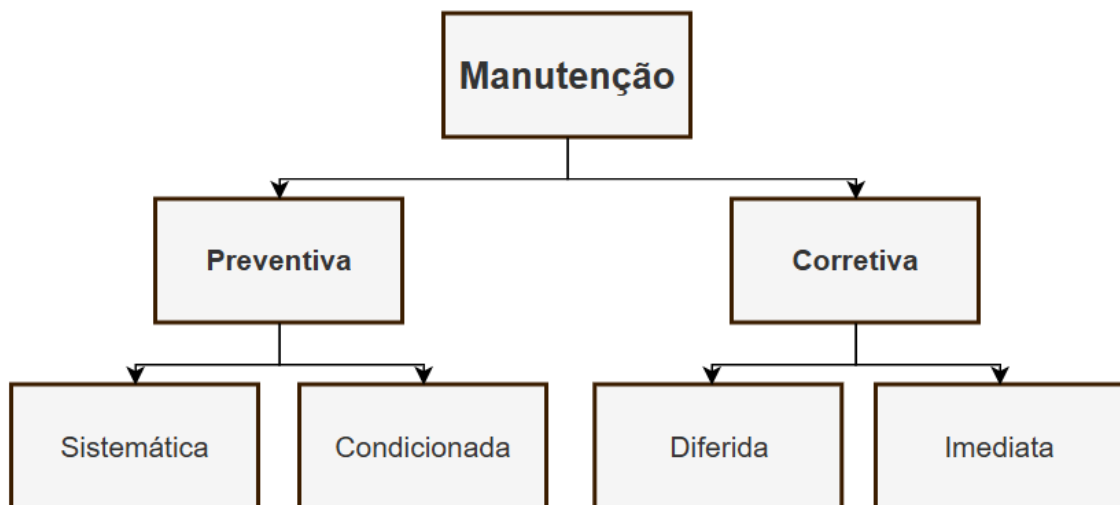


Figura 3 - Tipos de manutenção, adaptado de NP EN 13306:2021

Posto isto, a Tabela 2 refere a definição dos tipos de manutenção pelo ponto de vista de diferentes autores.

Tabela 2 - Caracterização dos tipos de manutenção

<b>Autor</b>	<b>Tipos de Manutenção</b>	<b>Definição</b>
(Mao et al., 2021)	Preventiva	As operações de manutenção preventivas são ações tomadas num sistema enquanto este ainda está em funcionamento. São intervenções realizadas em intervalos de tempo previamente estabelecidos, a fim de reduzir o risco de falha ou avaria. O objetivo é aumentar a vida útil do equipamento e melhorar a gestão da produção durante as operações de produção.
NP EN 13306:2021	Preventiva Sistemática	Executada com periodicidades planeadas quer de tempo quer de unidades de uso, ou seja, os componentes são substituídos ou reconicionados independentemente do seu estado de funcionamento.
(Mathew et al., 2022)	Preventiva Condicionada	Designa-se pela manutenção através da condição do ativo, ou seja, concentra-se na vigilância do estado do sistema com ajuda de tecnologias de monitorização, como monitorização por vibração, análise de temperatura, análise de pressão e outros parâmetros que contribuem para evitar eventuais avarias, e visa assim para ampliar a disponibilidade dos equipamentos. Atualmente a manutenção preventiva condicionada é frequentemente referida como manutenção preditiva.

(Liu et al., 2023)	Corretiva	Caracterizada pela reposição de um bem num estado de bom funcionamento efetuada quando há ocorrência de falha.
NP EN 13306:2021	Corretiva Imediata	Manutenção efetuada mal seja identificada uma falha, com a maior brevidade possível para minimizar os impactos negativos da paragem.
NP EN 13306:2021	Corretiva Diferida	Manutenção corretiva que não é corrigida logo após deteção do estado de falha, mas que é atrasada de acordo com as regras de manutenção fornecidas.

Fundamentalmente as decisões de manutenção são afetadas por vários fatores. Entre eles, a segurança, o custo associado e a viabilidade de uma estratégia de manutenção (Mathew et al., 2022).

### 2.2.3. Gestão do ciclo de vida dos ativos

A gestão eficaz dos ativos, desempenha um papel cada vez mais importante na otimização da rentabilidade do negócio. Schuman & Brent (2005) definem a gestão dos ativos como um “conjunto estratégico e integrado de processos (financeiros, de gestão, engenharia, operação e manutenção) para obter maior eficácia, utilização e retorno ao longo da vida dos ativos físicos (equipamentos e estruturas de produção e operação)”. A gestão dos ativos deve estender-se desde o seu projeto, aquisição e instalação até à operação, manutenção e reforma do ativo, ou seja, durante todo o ciclo de vida (Schuman & Brent, 2005).

Segundo a norma ISO 55001, a gestão de ativos procura maximizar o valor total criado para a organização por meio do uso eficiente dos ativos ao longo do seu ciclo de vida, enquanto identifica e administra os riscos associados. Estabelece a ligação entre metas e objetivos estratégicos definidos pela organização nos ativos que permitem a sua realização.

Devido ao uso em ambientes hostis, os equipamentos sofrem diferentes tipos de avarias. O equipamento em estado anormal de funcionamento leva a perdas de produção, redução da precisão, aumento do tempo de inatividade e aumento dos riscos de segurança. De forma a evitar estes problemas prever a vida útil do equipamento é uma tarefa benéfica. Esta previsão da vida do equipamento pode ser estudada por meio de dois principais métodos, baseados na física e baseados em dados. Nos métodos baseados na física, utilizam-se modelos físicos para descrever o processo de degradação, como cálculos da degradação e cálculos matemáticos do equipamento. Com o crescente uso das novas tecnologias, como sensores e ciência da computação nasceu a vertente baseada por dados. Este método tem sido considerado uma solução eficiente, que pode ser conjugada com inteligência artificial, sendo melhorado ao longo do tempo pela sua capacidade de adaptação no modelar da vida útil dos equipamentos (Qin et al., 2021).

#### 2.2.4. Indicadores de desempenho na manutenção

Os indicadores de desempenho ou KPIs (*Key performance Indicators*) são aspetos quantificáveis amplamente utilizados pelas organizações. Servem como auxílio no processo de monitorização e gestão de objetivos. Por esse motivo, os KPIs são capazes de retratar o cenário de uma empresa, identificando anormalidades nas operações e conduzi-la a tomar ações de melhoria. Devido à grande variedade de processos que uma organização suporta, deve estar empenhada em identificar quais os parâmetros que devem medir para conseguir tirar o maior proveito dos pontos a melhorar (Werner et al., 2021).

Segundo o Wiktorsson et al. (2018) os KPIs servem para três propósitos principais, descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Propósito dos KPIs, adaptado de (Wiktorsson et al., 2018)

Objetivo	Descrição
Melhorar	Os KPIs fornecem uma compreensão do estado de prioridades dentro das melhorias, assim os KPIs servem de base para a melhoria contínua do processo.
Controlar	O controlo ocorre em diversos níveis do sistema e opera em diferentes escalas de tempo. Serve como ferramenta essencial de monitorização, avaliação e melhoria do desempenho dos processos, desde a medida de um parâmetro de qualidade específico de uma máquina até ao acompanhamento do desempenho ao nível de uma fábrica.
Reportar	Os resultados que os KPIs são a base para vários relatórios. Estes relatórios permitem o benchmarking na empresa e comunicam o desempenho e os resultados com a gestão e partes interessadas

Em consequência do aumento da robustez dos processos de manutenção, aumentou a necessidade de dados mais fiáveis e legíveis dos processos. Na manutenção os principais indicadores utilizados são tempo médio entre falhas (MTBF), tempo médio para reparação (MTTR) e *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (S. Ferreira et al., 2019).

Na Tabela 4 apresentam-se alguns indicadores utilizados na área da manutenção segundo Muchiri et al. (2011) e S. Ferreira et al. (2019).

Tabela 4 - Indicadores de desempenho de manutenção

Indicadores	Definição	Fórmula
MTBF	Tempo médio decorrido entre falhas, indicador da fiabilidade	$\frac{\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo total perdido}}{\text{Número de paragens}}$

MTTR	Tempo médio gasto para a reparação de um equipamento	$\frac{\text{Tempo total de manutenção}}{\text{Número de reparações}}$
OEE	Mede a eficiência global de um equipamento	$\text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$
PMP	Percentagem de manutenção planeada	$\frac{\text{Horas de manutenção planeada}}{\text{Total de horas de manutenção}} \times 100$
Disponibilidade	Probabilidade de um ativo estar em condições para o seu funcionamento	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
Backlog	Atraso da manutenção	$\frac{N^{\circ} \text{ de tarefas atrasadas}}{N^{\circ} \text{ de tarefas recebidas}}$
ERV	Valor de reposição do equipamento	$\frac{\text{Custo de manutenção}}{\text{Valor do equipamento novo}}$

### 2.3. Modelos/Metodologias da manutenção

Devido à importância cada vez maior da manutenção, a procura por modelos de gestão da manutenção tem vindo a tornar-se cada vez mais popular. As abordagens por estratégias de manutenção partilham alguns objetivos semelhantes como a redução dos custos, minimização das falhas nos equipamentos, aumento dos lucros e diminuição dos desperdícios (Lundgren et al., 2018). Seguem-se as principais estratégias da manutenção, presentes em muitas empresas atualmente.

#### 2.3.1. Total Productive Maintenance

O conceito do TPM foi definido pela primeira vez no Japão nos anos setenta, para opor-se ao uso da manutenção corretiva, que era o método mais utilizado. Introduziu requisitos para os processos de qualidade, visando a fiabilidade, margens de lucros mais elevadas e custos mínimos, e, posteriormente, requisitos sobre o meio ambiente e segurança (Pačaiová & Ižaríková, 2019).

O TPM é uma estratégia focada na melhoria da função dos equipamentos, orientada para o aumento da disponibilidade e da eficácia dos equipamentos, através da minimização de esforços e do investimento em recursos, apostando em equipas mais disciplinadas, com a participação de toda a organização, desde a gestão de topo até aos simples colaboradores, combinada com ações de melhoria contínua, o que resulta num aumento do ciclo de vida dos equipamentos (Chan et al., 2005)(Mwanza & Mbohwa, 2015).

Segundo Pačaiová & Ižaríková (2019) o significado individual de cada palavra do TPM é explicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Significado TPM, adaptado de (Pačaiová & Ižaríková, 2019)

<b>Palavra</b>	<b>Significado</b>
<i>Total</i>	Envolvimento de todos os colaboradores desde gestores de topo até operadores.  Eliminação de todas as não conformidades.
<i>Productive</i>	Realizar as atividades antes da ocorrência do problema.  Tentativa de minimizar continuamente problemas na produção.
<i>Maintenance</i>	Manutenção dos equipamentos em boas condições, realizar manutenções preventivas e preditivas enquanto os ativos estão operáveis.  Desempenho consistente de atividades de manutenção, incluindo limpeza, reparação e lubrificação, muitas vezes realizadas pelos próprios operadores.

O TPM liga tarefas da produção com as de manutenção de forma eficaz, criando uma cultura de melhoria contínua na moral e no desempenho dos colaboradores. Procura estabelecer uma eficácia máxima do sistema a nível da produção e manutenção com o envolvimento de todas as funções de uma empresa para atingir zero avarias, zero não conformidades, zero acidentes e zero perdas (Kumar Sharma et al., 2020).

De acordo com o JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) o TPM é suportado por oito pilares, representados na Figura 4, e, para a fundação destes pilares, utiliza-se a ferramenta 5S, que é um fator chave para início da sua implementação (Andersson et al., 2015). O 5S é um dos passos centrais de todos os métodos aplicados na direção à gestão dos ativos. A filosofia de limpeza e arrumação permite um melhor conhecimento das máquinas e instalações, por parte dos operadores envolvidos, que gradualmente desenvolvem a capacidade de detetar fraquezas e deterioração. A limpeza é também uma forma de inspeção, permitindo descobrir muitas anomalias e aumentar a rapidez de as reparar (Willmott & McCarthy, 2001).

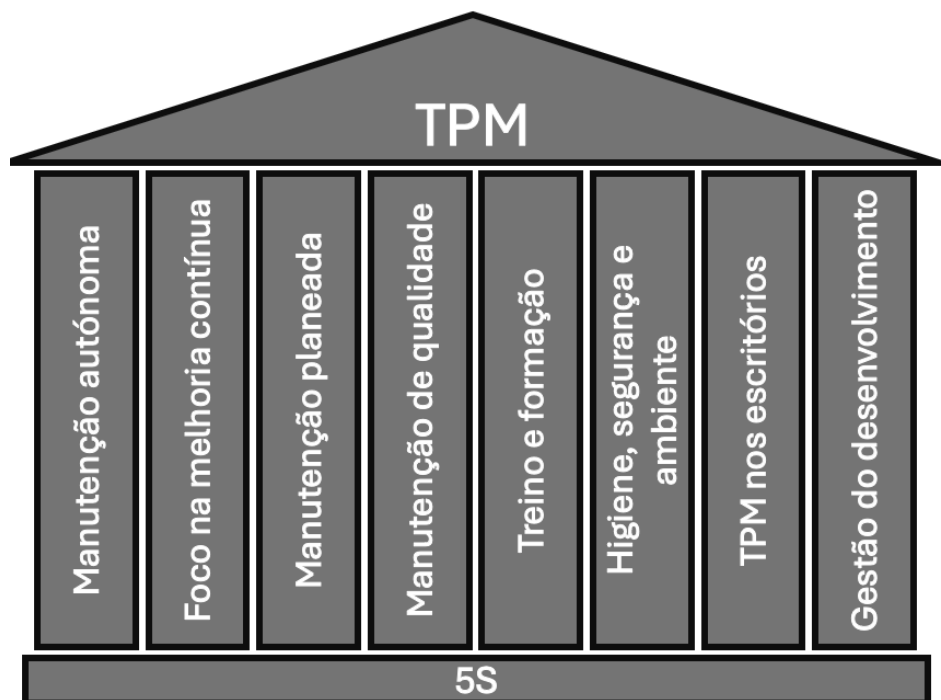


Figura 4 - Oito pilares do TPM, adaptado de Andersson et al. (2015)

O resumo dos oito pilares do TPM segundo Chintada & Umasankar (2022):

**Manutenção autônoma:** Foca o desenvolvimento dos operadores para que desenvolvam capacidades de realizar pequenas tarefas como limpeza, lubrificação entre outros de maneira autônoma. O operador mantém continuamente a máquina nos padrões estabelecidos para evitar que esta falhe.

**Foco na melhoria contínua:** Identificação e eliminação de todas as perdas existentes. Mitigação de perdas por meio de análise de FMEA (*Failure mode effect analysis*) e melhoria em sistemas de produção através do OEE. Implementação de uma cultura de melhoria contínua permanente, pela procura constante de melhores resultados.

**Manutenção planejada:** Conscientizar a manutenção e produção para o planejamento de programas efetivos de manutenções preventivas e preditivas, para melhorar o ciclo de vida do equipamento. Maximizar o desempenho do ativo com o mínimo custo e máxima produtividade. Melhorar MTBF e MTTR.

**Manutenção da qualidade:** Atingir zero defeitos. Evitar defeitos de qualidade através de padrões de qualidade. Realizar análise de causa raiz com os 5M (máquinas, mão de obra, métodos, materiais, meio ambiente). Atuar preventivamente.

**Treino e formação:** Alinhar colaboradores com os objetivos da organização. Informar sobre tecnologia e controle de qualidade. Promover formação e desenvolver novas competências. Avaliar e atualizar periodicamente os conhecimentos.

**Higiene, segurança e ambiente:** Garantir um ambiente seguro e eliminar acidentes. Os operadores seguem os procedimentos de prevenção de perigos.

**TPM nos escritórios:** Melhorar as sinergias entre várias funções da organização. Remover aborrecimentos processuais. Aplicar 5S nos escritórios e áreas de trabalho.

**Gestão do desenvolvimento:** Minimizar os tempos de arranque dos equipamentos. Os engenheiros de produção e manutenção estão envolvidos na atividade. Aplicar a aprendizagem de sistemas existentes em novos sistemas. Estabelecer metas e promover iniciativas de melhoria da manutenção.

Para acomodar as necessidades da indústria, alguns investigadores analisaram formas de parametrizar a produtividade de sistemas nas linhas de fabrico. Foi então criado o indicador de desempenho OEE, que é amplamente usado nas atividades do TPM. Analisa o desempenho das máquinas numa organização e considera três fatores, a disponibilidade, a performance e a qualidade (Barosz et al., 2020). Estes podem ser calculados através das seguintes equações.

$$\text{Disponibilidade}(\%) = \frac{\text{tempo total disponível} - \text{tempo de inatividade}}{\text{tempo total disponível}}$$

$$\text{Performance}(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ real de produtos produzidos}}{N^{\circ} \text{ ideal de produtos produzidos}}$$

$$\text{Qualidade}(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de produtos produzidos} - N^{\circ} \text{ produtos defeituosos}}{N^{\circ} \text{ de produtos produzidos}}$$

Deste modo o OEE é dado por:

$$\text{OEE} (\%) = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

O OEE também é uma forma eficaz de analisar o desempenho do equipamento, tendo em conta as seis grandes perdas. No fator disponibilidade, incluem-se perdas devido a avarias, *setups* e ajustes. No fator performance, incluem-se perdas por redução da velocidade de produção e pequenas paragens provocadas pelo mau funcionamento do equipamento. Por fim, no indicador da qualidade, consideram-se perdas por peças não conformes ou retrabalho (Chikwendu et al., 2020).

A implementação deste indicador nas empresas visa melhorar a qualidade dos produtos, reduzir avarias nos equipamentos, minimizar tempos de inatividade e taxas de acidentes, e eliminar não conformidades (Corrales et al., 2020).

No setor da indústria civil, foi divulgado um estudo da investigação de ferramentas *lean*, tais como, VSM e JIT, para identificar e visualizar os atuais processos de desperdício. Numa segunda fase, a implementação do TPM permitiu agrupar os recursos humanos e os equipamentos com o intuito de aumentar a eficiência dos recursos, reduzir o tempo de espera dos equipamentos e diminuir os desperdícios das operações na fase de montagem. A utilização destas ferramentas

diminuiu as emissões de carbono e o consumo de energia em 4,4% e 9,2%, respetivamente (Heravi et al., 2020).

Numa empresa de semicondutores, nas Filipinas, foi implementada a métrica do OEE utilizando uma abordagem Seis Sigma no processo gargalo da empresa. Esta abordagem assentou em estudo relacionados com TPM, FMEA, gestão visual e SMED. Obteve-se um aumento de 30% no OEE global, sendo a componente com maior contributo nesta melhoria a performance, com um valor de 24% (Prasetyo & Veroya, 2020).

Para fazer face aos desafios da manutenção de uma empresa farmacêutica, foram obtidos dados para os fatores de eficiência global do equipamento após a implementação do TPM. Esta métrica é das mais eficazes para avaliar o desempenho de máquinas de produção. Num momento inicial, recorreu-se aos cinco porquês, técnica para identificar potenciais causas de falhas das máquinas e, de seguida iniciaram tarefas de manutenção rotineira executadas pelos operadores (manutenção autónoma), reduzindo algumas das causas das avarias e melhorando a taxa de OEE. Esta constante busca por melhorias reduziu falhas nos equipamentos, diminuiu tempos de *setup*, reduziu micro paragens e diminuiu produtos não conformes (Chikwendu et al., 2020).

Os autores Pinto et al. (2020) demonstraram a utilização de três pilares da metodologia do TPM, a manutenção autónoma, manutenção planeada e a formação e treino e como base destes pilares a utilização da ferramenta 5S. Foram aplicadas estas ferramentas na manutenção de máquinas de torneamento e fresagem numa empresa de embraiações e comandos hidráulicos. Com a aplicação da metodologia 5S, as CNC de fresagem e as CNC de torneamento alcançaram reduções de intervenções corretivas de 38% e 17% respetivamente. Com a implementação do TPM, verificou-se uma diminuição de avarias de 28% e 23%, respetivamente.

Foi realizada uma análise com a aplicação da filosofia TPM como um meio sistemático para evitar perdas e aumentar a produtividade numa linha de maquinagem de peças automóvel. Implementaram-se planos de manutenção preventiva e programas de manutenção autónoma dos operadores, compatíveis com dois dos pilares do TPM, impactando positivamente em métricas como OEE, MTBF, MTTR. Os resultados incluíram menos 1057 peças perdidas por mês, uma melhoria de 33,21% e mais 2127 peças produzidas, equivalente a um ganho de 10,7% em termos de capacidade de produção (Morales Méndez & Rodriguez, 2017).

Um estudo realizado numa unidade industrial automóvel focou na melhoria de uma linha de produção crítica por meio da implementação da metodologia TPM apoiado pelo 5S. Identificaram-se falhas frequentes, com a ajuda dos índices como MTBF, MTTR, OEE e disponibilidade, melhorou-se a performance do equipamento. O 5S foi usado para organizar e padronizar o local das ferramentas e bancadas. Observou-se uma melhoria do MTBF de 124 horas para 155 horas, redução do tempo médio para reparação de 5,26 horas para 4,56 horas e um crescimento de disponibilidade dos equipamentos de 95,9% para 97,1% (I. M. Ribeiro et al., 2019).

Qualidade e manutenção são funções intimamente relacionadas de qualquer organização que procura alcançar o *World Class Manufacturing*. Num estudo realizado numa indústria automóvel, utilizou-se o TPM para eliminar as perdas e melhorar a disponibilidade das

máquinas CNC. Detalhou-se a execução de cada pilar do TPM na maquinagem de peças e, por fim, mediou-se o sucesso da implementação com o OEE. Constatou-se uma melhoria global de 16%, manifestada sobretudo na produtividade e na qualidade dos produtos (Singh et al., 2013).

A literatura enfatiza o TPM associado à aplicação de práticas do *lean* nas indústrias. Os autores (Dora et al., 2014) executaram algumas das ferramentas na indústria alimentar dentro de pequenas e médias empresas, de forma a melhorar a eficiência operacional e a produtividade. Das 34 empresas alimentares que participaram deste estudo, 17 eram belgas, 10 húngaras e 7 alemãs. Para alcançar estes padrões, surgiram obstáculos, como a resistência dos colaboradores e fornecedores para assimilar estas novas práticas. O estudo enfatiza também, que o sucesso da implementação *lean* decorre do compromisso da gestão de topo, da formação de colaboradores, da sensibilização e do envolvimento das pessoas. Os resultados mostram que a aplicação de técnicas como 5S, VSM, *Kaizen* e TPM podem ser efetivos para melhorar a disponibilidade de equipamentos, reduzir desperdícios de materiais e aumentar a qualidade dos produtos.

A concorrência e procura por lucros levam as empresas a implementar esforços de melhoria da produtividade. Num caso de estudo, realizado numa linha de produção numa fabricante de vidro, forçou-se a implementação de técnicas do TPM. A abordagem apresentada é baseada na métrica OEE, OTE e CTE com a integração da teoria das restrições para medir o desempenho do sistema e ajudar a identificar oportunidades de melhoria da produtividade. Para demonstrar a eficácia da metodologia, desenvolveu-se um software de fluxograma eletrónico. Criou-se assim uma ferramenta eletrónica capaz de analisar a produtividade da empresa, obtendo no primeiro período de teste um OTE DE 0,66 e um CTE de 0,68, resultados bastantes promissores dentro dos resultados anteriormente obtidos (Huang et al., 2002).

A manutenção produtiva total (TPM) tornou-se uma das estratégias de manutenção mais populares para garantir uma elevada fiabilidade das máquinas. Neste sentido, o autor Rahman (2015) avaliou os efeitos do TPM numa empresa de produtos automatizados, no Bangladesh, medindo o tempo de inatividade dos equipamentos e a redução do tempo médio de inatividade. As paragens foram analisadas com a análise de Pareto, identificando quais as causas mais predominantes deste problema. As avarias das máquinas representaram cerca de 75% do tempo de inatividade. Com a implementação do TPM as avarias reduziram-se 14,5% no segundo ano de implementação, demonstrando um resultado positivo.

O foco do cliente está na qualidade, tempo de transporte e custo do produto. O TPM é uma metodologia que tem como alvo a aumentar a disponibilidade e ciclo de vida dos equipamentos, reduzindo a necessidade de investimentos adicionais em capital e possibilitando investimento na aprendizagem dos recursos humanos, proporcionando melhor qualidade dos produtos. O artigo de Chan et al. (2005) avaliou a eficácia dos equipamentos, as competências humanas e o moral dos trabalhadores através implementação do TPM numa fabricante de componentes eletrónicos. Após a sua implementação, a produtividade da máquina aumentou em 83%.

Várias evidências mostram que as ferramentas *lean* ajudam as empresas a alcançar excelência operacional. Garza-Reyes et al. (2018) investigaram as implicações de ferramentas como TPM, JIT, VSM e *Kaizen* na sustentabilidade, abrangendo empresas localizadas em diversos setores

industriais espalhados pelo globo. No caso do TPM, verificou-se um impacto estatisticamente positivo sobre a questão do desempenho ambiental. Isto pode dever-se ao controlo rigoroso dos equipamentos, reduzindo falhas não planeadas e erros humanos, o que se traduz em menos desperdício de materiais e recursos. Além disso, o 5S, base do TPM, promove um ambiente organizado e limpo, facilitando a identificação de falhas e contribuindo para a redução de desperdícios.

Os autores Vaz et al. (2023) analisaram o impacto do TPM nas indústrias portuguesas, tendo sido enviados questionários a 472 empresas e obtido 84 respostas válidas. A amostra incluiu empresas de diversos setores, como alimentar, automóvel, metalomecânica, farmacêutica, construção, entre outras. O estudo contava com perguntas sobre as práticas implementadas sobre os pilares do TPM, contando com os pilares de maior enfoque nas empresas, a manutenção planeada com 86,9%, a educação e formação com 70,2% e os pilares que registaram os níveis mais baixos de aplicação são o TPM nos escritórios (20,2%) e a manutenção de qualidade (35,7%). Conclui-se que o TPM ainda é aplicado de forma parcial, limitado pela falta de apoio da gestão e pelo baixo envolvimento dos colaboradores, recomendando-se maior integração das práticas, mais formação e incentivos, bem como a exploração noutras áreas de manutenção.

Em síntese, o TPM reconhece que para alcançar uma operação fiável e sem falhas, são necessárias pessoas competentes, que fazem a diferença dentro da organização (Willmott & McCarthy, 2001).

### **2.3.2. Condition Based Maintenance**

*Condition based maintenance* (CBM) é uma estratégia de manutenção que monitoriza a condição e a saúde de um equipamento em tempo real. Com esta informação baseada de monitorização consegue suportar a tomada de decisão para a realização de uma manutenção ótima. É uma estratégia excelente para reduzir operações de manutenção desnecessárias e para aumentar a fiabilidade dos ativos, tornando-se uma estratégia cada vez mais popular ao longo dos anos (Lei et al., 2018).

A técnica de manutenção mais antiga, a manutenção corretiva, ocorre apenas em caso de falha e a manutenção preventiva baseada em tempo fixo estabelece intervenções periódicas independentemente do estado do equipamento. Ambas as técnicas podem realizar manutenções que podem ser otimizadas em custo. Assim, foi criada a estratégia CBM, que evita manutenções desnecessárias, realizando ações de manutenção apenas quando há evidência de comportamentos anormais no ativo (Jardine et al., 2006).

No CBM existem dois aspetos importantes, o diagnóstico, que identifica o que está errado e o prognóstico, que prevê quando o sistema poderá falhar (C. Zhang et al., 2017).

O uso de prognósticos de saúde é uma das principais tarefas do CBM, que visa prever a vida útil restante dos sistemas com base nas tendências históricas e em medições contínuas de degradação observadas através da monitorização. Um sistema eficiente de prognóstico da saúde do equipamento pode fornecer alertas precoces de falhas, permitindo planos de

manutenção eficazes. Os benefícios destes sistemas incluem a redução dos custos de manutenção, melhoria da segurança, aumento da fiabilidade do sistema monitorizado, maior disponibilidade e eficiência (C. Zhang et al., 2017).

No CBM a monitorização pode estar ligada a inúmeras técnicas, como a análise de vibrações, de temperatura, de ruído, de tensão, de campo eletromagnético entre outros (Lei et al., 2021).

A previsão da vida útil de um equipamento pode ser considerada parte do CBM. Contribui para reduzir os riscos e custos de manutenção e aumentar a disponibilidade, a fiabilidade e a produtividade dos equipamentos.

Num caso de estudo, utilizaram-se cinco métodos, quatro por modelos estocásticos e um pelo algoritmo de KPF para estimar a vida útil de rolamentos no seu processo de degradação. O algoritmo KPF mostrou-se o mais eficiente em prever a vida útil dos rolamentos em ambientes controlados e com variabilidades típicas de degradação. Este modelo alinha-se com os princípios do CBM, pois é projetado para integrar dados em tempo real, reduzindo incertezas e prevendo o momento ideal para manutenção (Lei et al., 2016).

Dixit et al. (2021) propõem uma metodologia para o diagnóstico de falhas em máquinas rotativas com o uso de inteligência artificial, *conditional auxiliary classifier GAN (CACGAN)* e *model-agnostic meta learning (MAML)*, com o foco na CBM. O método compara amostras de dados de rolamentos e compressores de ar com os valores obtidos pela inteligência artificial. O modelo foi capaz de gerar amostras de alta qualidade com poucos dados reais, sendo capaz de antecipar falhas nos equipamentos.

O estudo realizado por Zandieh et al. (2017) simulou um novo algoritmo de manutenção baseada na condição para o problema de escalonamento flexível de *job shop*, combinando funções Sigmoide e distribuição Gaussiana, com o objetivo de melhorar a simulação CBM e recorrendo a um algoritmo imperialista competitivo para fornecer soluções otimizadas. Concluiu-se que este novo algoritmo é mais poderoso e robusto do que o anterior e que apresenta desempenho tão bom quanto algoritmos estatísticos,

Noutro estudo, apresentaram o OntoProg, um modelo ontológico de PHM concebido para transformar dados de monitorização em decisões de manutenção baseada na condição (CBM). O modelo formaliza modos de falha, sintomas e parâmetros de medição para inferir o estado de saúde e emitir recomendações. Na demonstração com uma bomba centrífuga, uma velocidade vibratória de 4,52 mm/s foi classificada na zona de alerta, originando a recomendação de agendamento do CBM. Por ser genérico, este modelo oferece uma base padronizada para implementar PHM/CBM em diferentes máquinas e contextos industriais (Nuñez & Borsato, 2018).

Para melhorar a disponibilidade dos sistemas de geração de energia eólica e reduzir custos de manutenção, utilizou-se a metodologia CBM. Assumiu-se o uso de um modelo de rede neural artificial e comparou-se a manutenção preventiva baseada em tempos fixos com a proposta CBM. A primeira política de manutenção preventiva obteve um custo de 833,41\$/dia enquanto a abordagem CBM obteve 577,08\$/dia, uma poupança de custos de 44,82%. O estudo comparativo demonstra que a proposta CBM é mais rentável (Tian et al., 2011).

Um estudo comparou três abordagens para a previsão da vida útil restante utilizando dados de monitorização de vibrações em rolamentos de bombas. Estas três políticas de manutenção são: a manutenção baseada na idade, a manutenção baseada na inteligência artificial e a final seguindo a abordagem do CBM. A partir dos resultados, verificou-se que o custo médio de substituição utilizado pela abordagem CBM é considerada a melhor previsão. Esta abordagem resulta em poupança de custos de 33,18% e 8,46% face a política de substituição baseada na idade e na política de substituição baseada na inteligência artificial, respetivamente (Tian et al., 2014).

Falhas nos sistemas de comboios de alta velocidade podem trazer prejuízos altíssimos. Assim, é importante para investigar metodologias de previsão de vida dos sistemas. Num caso de estudo realizado por Yang et al. (2024), foram recolhidos dados da degradação dos rolamentos ao longo de três anos. Comparou-se a propostas do autor, baseada em CBM, com outras três propostas para determinar qual das quatro teria menor custo de manutenção. A política de manutenção proposta pelo autor obteve a maior redução da taxa de custo de manutenção.

Num estudo elaborado por Zou et al. (2021) comparou a proposta CBM, com a proposta implementada TBM (*time based maintenance*) e DBM (*detection based maintenance*) para a deteção do crescimento de fissuras. Verificou-se que a implementação da proposta do CBM obteve melhores resultados em termos de fiabilidade, custos de manutenção, no risco de falha e nos custos do ciclo de vida do que a proposta de manutenção utilizada.

Z. Zhang et al. (2022) avaliaram um método denominado DAST para determinar qual o tempo de vida restante. O modelo DAST pode aprender de forma adaptativa a importância dos diferentes sensores e janelas temporais, o que pode ser útil para a eficiência da manutenção. Foram realizados experimentos em dois conjuntos de dados de motores turbofan e, por fim, comparou-se o modelo DAST com outros modelos descritos do levantamento bibliográfico e concluíram que o modelo DAST era superior a calcular o tempo de vida restante.

### **2.3.3. Reliability Centered Maintenance**

A *Reliability centered maintenance* (RCM) é um método de planeamento de manutenção desenvolvido originalmente na indústria aeronáutica e posteriormente adaptado para diversos ramos e setores industriais. O RCM baseia-se por uma análise sistemática das funções de um sistema, das formas como essas funções podem falhar e da avaliação, com base em prioridades de segurança, fiabilidade e custo, das tarefas de manutenção mais adequadas e eficazes (Rausand, 1998).

Esta metodologia define o que deve ser feito para garantir que os equipamentos continuem a desempenhar as suas funções pretendidas, com o desempenho esperado, num contexto operacional específico e com custos de manutenção minimizados (Melani et al., 2018).

O objetivo central é reduzir custos de manutenção, focando nas funções mais críticas do sistema, ajustando ou removendo ações de manutenção que não são estritamente necessárias. Quando já existem programas de manutenção implementados, o RCM atua no sentido de otimizar esses planos, eliminando ineficiências e melhorando a sua eficácia (Rausand, 1998).

O RCM centra-se em garantir que um sistema desempenha as suas funções de forma fiável e segura ao longo do tempo. Para isso, recorre a análises estruturadas, como o FMEA e FMECA, que ajudam a identificar os modos de falha, avaliar as suas consequências e priorizar ações de manutenção. Embora dados estatísticos de fiabilidade possam ser utilizados, o RCM não se limita a modelos estatísticos, mas considera também a experiência operacional e as condições reais de funcionamento do sistema.

A análise do RCM segue uma sequência estruturada de passos, ilustrada na Figura 5.

O processo inicia-se com a seleção do sistema, fase em que são claramente definidos os limites funcionais, o contexto operacional e os objetivos específicos da análise. Seguidamente, procede-se à análise das falhas funcionais, onde são identificadas as funções primárias e secundárias do sistema, bem como os modos pelos quais estas podem falhar. Na terceira etapa, é efetuada a seleção dos itens críticos, priorizando os componentes cujo impacto das falhas apresente maior relevância em termos de segurança, disponibilidade operacional ou custos associados. Posteriormente, realiza-se a recolha e análise de dados, integrando registos históricos de falhas, tempos médios entre falhas, tempos médios de reparação, custos de manutenção e dados operacionais, que servirão de base à análise FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis). Esta análise permite identificar e classificar os modos de falha, avaliar as respetivas consequências e quantificar a criticidade dos itens analisados. Com base nos resultados da FMECA, são definidas as tarefas de manutenção e os intervalos de execução mais adequados, assegurando a otimização dos recursos e a maximização da fiabilidade e disponibilidade do sistema. Na fase subsequente, procede-se à implementação e monitorização dos planos de manutenção, garantindo a conformidade com os requisitos técnicos e operacionais. Finalmente, é conduzido um processo de revisão e melhoria contínua, permitindo a atualização dinâmica dos planos de manutenção com base em novos dados, evidências empíricas e evolução das condições operacionais, assegurando, assim, a eficácia e a sustentabilidade da estratégia de manutenção ao longo do ciclo de vida do sistema (Rausand, 1998).

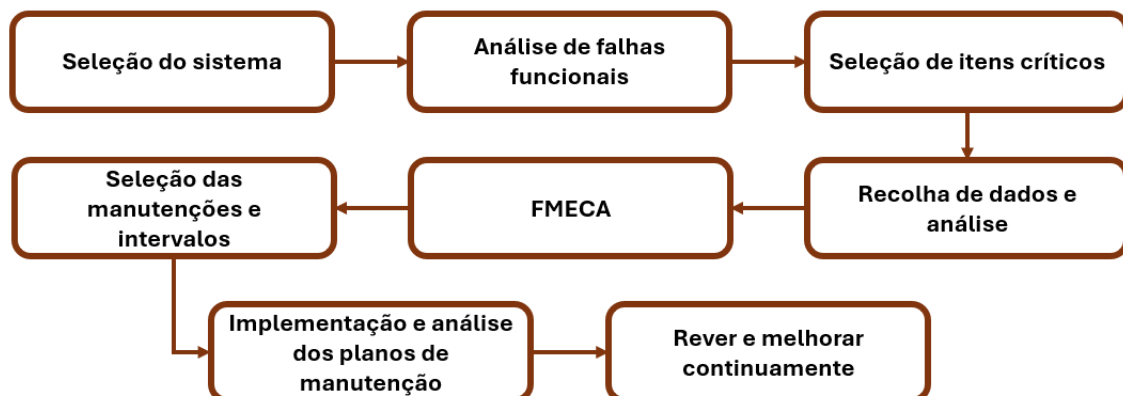


Figura 5 - Sequência de passos para aplicação do RCM, adaptado de (Rausand, 1998).

Realizou-se um estudo sobre um sistema submarino crítico, conhecido como Blowout Preventer (BOP). Utilizou-se um sistema robusto com a abordagem de duas ferramentas o FTA, que traça

caminhos das possíveis causas de falha e o FMEA para identificar, avaliar e priorizar os riscos associados a diferentes componentes num sistema. Os resultados comprovam que a combinação destas duas ferramentas amplamente utilizadas no RCM, aumenta a eficiência da análise. Verificou-se que a combinação de ferramentas conduziu à reclassificação de componentes anteriormente considerados menos críticos, os quais passaram a apresentar níveis de risco de falha mais elevados. Além disso, as classificações de prioridade foram significativamente melhoradas (Shafiee et al., 2019).

Foi desenvolvido um processo de RCM orientado por dados, através da integração de tecnologias como o *Building Information Modeling* (BIM) e o *Geographic Information System* (GIS). Este processo foi testado num campus virtual como caso de validação. A abordagem proposta demonstrou ser eficaz na automatização da tomada de decisão relativa à manutenção de equipamentos, eliminando a necessidade de análises manuais extensas por especialistas. Verificou-se ainda uma redução significativa dos custos de mão-de-obra e do tempo despendido no planeamento e na execução das atividades de manutenção (Ma et al., 2020).

Os autores Melani et al. (2018) apresentam um método que identifica os componentes críticos de um sistema numa central elétrica de carvão, de forma a contribuir para a priorização das ações de manutenção. Utiliza técnicas de análise de fiabilidade e risco como HAZOP, FTA e FMECA para realizar a avaliação de riscos dos ativos, tomando como perigos os modos de falha dos componentes. Os componentes críticos identificados foram o ventilador de ar infravermelhos e o atomizador, o mesmo que os dados históricos e a perceção da equipa dizia. Este método permitiu o desenvolvimento de planos de manutenção, aumentando a disponibilidade e diminuindo o risco relacionado com a operação da central.

É descrita a aplicação da metodologia do RCM para uma instalação de processo a vapor. Os resultados da proposta executada do RCM mostram que o custo de mão-de-obra diminuiu 295200\$ ao ano cerca de 25,2% e indicam uma poupança de cerca de 80% no custo total do tempo de paragem em comparação com o da manutenção corrente. Verificou-se também que cerca de 22,17% do custo anual de peças de substituição são poupados (Afefy, 2010).

Os autores Dehghanian et al. (2012) aplicaram um sistema de *fuzzy* AHP para identificar as partes críticas de uma rede de distribuição de energia. Concluiu-se que os sistemas de componentes mais críticos da rede de ensaio foram os transformadores e as linhas BT. O âmbito deste estudo serviu para a alocação eficiente dos recursos disponíveis e para o procedimento da gestão dos ativos.

Numa unidade de processo de uma fábrica de dióxido de titânio foi selecionada uma estratégia centrada na fiabilidade com a estruturação baseada em AHP. O modelo foi elaborado com os dados históricos de manutenção. Com o auxílio do FMEA verificou-se a criticidade dos equipamentos. Nos equipamentos mais críticos houve alteração do programa de manutenção para manutenções preventivas enquanto os restantes mantiveram-se com manutenções corretivas (Vishnu & Regikumar, 2016).

Num artigo publicado pelos autores Mirsaeedi et al. (2018) aplicou-se uma abordagem RCM que determinava a manutenção ótima necessária e o tempo de execução num sistema de distribuição. Foram avaliados quatro cenários e demonstraram que a utilização de algoritmos

RCSs proporcionava uma redução dos custos totais face aos métodos convencionais. Esta abordagem permitiu reduzir 12% dos custos nos custos em relação à alocação ótima e 25% de melhoria na rede real estudada.

Constatou-se num estudo efetuado pelos autores (Moradi et al., 2019) uma abordagem RCM com recurso a algoritmos de otimização para demonstrar qual a priorização dos componentes numa rede de distribuição de 20KV que maximize a fiabilidade. Comparou-se três cenários sendo um de manutenção aleatória outra baseada na idade dos componentes e uma última baseada na criticidade (RCM). Os resultados demonstraram uma melhoria no custo de manutenção de 2,8% e uma redução de aproximadamente 30% das perdas associadas de energia não fornecida.

Em síntese, a aplicação da metodologia RCM permite às organizações maximizar a disponibilidade dos ativos, reduzir custos e garantir a segurança e fiabilidade dos sistemas. A integração de ferramentas analíticas como o FMEA, FTA e AHP reforça a robustez da metodologia e permite uma priorização mais eficaz das intervenções de manutenção

## **2.4. Lean Maintenance**

A gestão da manutenção é uma questão crítica nas atividades organizacionais. Nos últimos anos, esforços significativos têm sido desenvolvidos no sentido de propor melhorias de manutenção que prolonguem a vida útil dos equipamentos, aumentar a disponibilidade e garantir níveis de fiabilidade cada vez maiores. Como enfatizado por Mostafa, Lee, et al. (2015) a função da manutenção impacta de forma significativa a produção, afetando a qualidade do produto, o cumprimento dos requisitos do cliente, a segurança dos operadores e a gestão dos orçamentos operacionais.

Antes de abordar o conceito de *lean maintenance*, é necessário clarificar o surgimento da filosofia *lean*. O pensamento *lean* desenvolveu-se a partir da noção de Taiichi Ohno de reduzir custos eliminando desperdícios. Foi com a popularidade do livro "*The machine that changed the world*" (Womack et al., 1990), que defendia a aplicação dos princípios da filosofia *lean* a todos os setores, que o pensamento *lean* se consolidou (Holmemo et al., 2018).

Valor e desperdício são dois conceitos fundamentais para otimizar processos. Primeiramente, destaca-se o conceito de valor, definido a partir da perspectiva dos clientes, com o foco na entrega exata do produto ou serviço necessário para os satisfazer, no menor tempo possível e a um preço adequado. As atividades que acrescentam valor contribuem diretamente para a criação de produtos/serviços que os clientes realmente desejam. O segundo conceito é o desperdício, definido como qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria valor para o cliente (Shou et al., 2020).

Neste sentido, o valor na manutenção centra-se na melhoria da fiabilidade dos equipamentos, da segurança, da produtividade e da qualidade. Assim, o valor é identificado na perspectiva dos ativos, quando melhoraram a sua disponibilidade e fiabilidade para completar tarefas essenciais.

Os desperdícios do sistema da manutenção consistem, geralmente, em realizar procedimentos desatualizados, stock excessivos de equipamentos e subutilizado de equipamentos, materiais, peças, bem como desperdício de mão de obra, tempo e transporte. Outros pontos considerados desperdícios da manutenção são (Shou et al., 2020):

- Trabalho improdutivo: Execução de tarefas desnecessárias.
- Atrasos em movimento: Tempos de espera, incluindo atrasos na espera de peças, máquinas ou pessoas.
- Movimentos desnecessários: Transportes desnecessários até locais de ferramentas ou oficinas, procura de itens, movimentação de postos de trabalho sem boas razões.
- Má gestão de stock: Não é possível entregar as peças certas no momento certo.
- Retrabalho: Repetição de tarefas ou introdução de tarefas adicionais.
- Subutilização de pessoas: Não utilizar as pessoas de forma eficaz com base nas suas capacidades.
- Gestão de dados ineficaz: Recolha de dados que não tem qualquer valor ou falha na recolha de dados vitais.
- Utilização indevida de máquinas: Funcionamento incorreto que leva a realização de trabalhos de manutenção quando não são necessários.

A eliminação destes desperdícios pode ser frequentemente alcançada por meio da implementação de ferramentas *lean*, como o 5S, *Kaizen*, *Poka-Yoke* ou VSM. São comumente utilizadas em processos de produção, mas também podem ser utilizados na área da manutenção (Antosz et al., 2020).

O Mostafa, Dumrak, et al. (2015) referem que as ferramentas *lean* oriundas da filosofia *lean* foram adaptadas para o contexto da manutenção. Consideram que a estrutura de implementação deve seguir as seguintes cinco etapas. A primeira sendo a definição clara das atividades de manutenção que agregam valor ao cliente, a segunda o mapeamento do fluxo de valor, muitas vezes através da ferramenta VSM, com a identificação e análise dos fluxos de processos, com destaque para fontes de desperdício. A terceira a otimização dos processos, com a eliminação de barreiras e gargalos. A quarta etapa serve para garantir que as atividades de manutenção sejam executadas em função da real procura dos ativos, evitando intervenções desnecessárias e a última pela busca da perfeição, padronização e expansão da mentalidade da filosofia *lean* em toda a organização.

Analisaram a implementação do *lean maintenance* em empresas industriais da Polónia, para mapear as ferramentas usadas, as suas práticas e benefícios. O estudo mostra que a estratégia dominante é a manutenção preventiva (PM) enquanto a CBM perde a expressão pelo elevado custo. A corretiva (CM) vai sendo cada vez menos usada. As empresas recolhem cada vez mais dados sobre a manutenção (MTBF, falhas, tempos de reparação), embora muitas ainda não calculem OEE nem índices parciais de qualidade, desempenho e disponibilidade. O TPM é adotada seletivamente, a algumas máquinas ou linhas específicas, sendo adotado como standard corporativo normalmente em empresas grandes. Os ganhos giram em volta dos 10 a

30%, chegando em alguns casos a mais de 50%. Em questões as ferramentas *lean* utilizadas a 5S é uma que cresce, trazendo melhorias de organização, segurança, tempos de tarefa e qualidade. Segundo os resultados, a TPM reduz paragens não planeadas e o número de falhas, sobretudo nas grandes empresas. Contudo, nas micro e pequenas empresas, os ganhos ficam aquém do esperado. Em síntese o *lean maintenance* dissemina-se, mas as medições e o patrocínio da gestão ainda são pontos fracos (Antosz et al., 2023).

Um estudo elaborado por Shou et al. (2020) avaliou a identificação de tarefas que criam valor e de tarefas que não acrescentam valor em *Turnaround Maintenance* (TAM). O caso de estudo com a ferramenta VSM revelou que o sistema pode fornecer uma classificação precisa do valor e desperdício tanto nas operações de manutenção como nos fluxos de informação. Recomendou-se melhorar o fluxo de trabalho, eliminando obstáculos entre tarefas e aumentando a fiabilidade do fluxo de operação. Como resultado, registou-se uma redução de 12,12% no tempo total de ciclo e no tempo de processamento de manutenção.

Antosz et al. (2020) consideram o *lean maintenance* uma estratégia proactiva, cujo maior objetivo é apoiar a fiabilidade dos ativos de forma eficaz e economicamente viável, o que significa manter os custos no mínimo e ao mesmo tempo garantir uma elevada eficiência e produtividade. É um conceito crucial que permite o aumento da fiabilidade e disponibilidade das máquinas da organização, ou seja, na eliminação do número de paragens não planeadas e de falhas inesperadas (Antosz et al., 2021).

Esta filosofia baseia-se no desenvolvimento de práticas como TPM, estratégias de manutenção centradas na fiabilidade, manutenção corretiva, CBM entre outras. (Antosz et al., 2020).

Duran et al. (2017) analisaram o uso das ferramentas *lean* para um projeto de manutenção em centrais termoelétricas. A primeira fase envolveu a formação, treino e sensibilização dos colaboradores. A segunda fase correspondeu a um diagnóstico rápido e simples da função da manutenção com base nos princípios *lean*. Na terceira fase, selecionaram-se algumas das ferramentas que podiam ser utilizadas para reduzir desperdícios. Dentro das ferramentas o 5S e o SMED foram as que obtiveram melhor avaliação para uso da manutenção. O 5S foi utilizado entre a oficina de reparação e manutenção e o armazém de peças sobressalentes. O SMED foi aplicado em intervenções preventivas e de reparação num conjunto de pulverizadores de carvão. O 5S reduziu o tempo de procura por peças, melhorou os indicadores de MTTR e MTBF e aumentou o lucro em 300 000 \$. O SMED aumentou a disponibilidade dos ativos e reduziu os custos em 287 088 \$.

Noutro estudo, desenvolveu-se uma estrutura de *lean maintenance* utilizada em dois terminais multinacionais de contentores do Egipto. Utilizou-se o FMEA inverso e o ciclo tradicional PDCA para implementar na metodologia do *lean maintenance*. Esta metodologia permitiu a redução do custo de manutenção preventiva em 73% e a identificação do motivo de 27,7% de avarias dos motores (Ebeid Akram A. et al., 2016).

Num caso de estudo efetuado por J. Li et al. (2023) analisou-se a aplicação do *lean maintenance* para otimizar a manutenção de unidades múltiplas elétricas (EMUs). Utilizou modelos matemáticos e avaliou estratégias de manutenção em dois níveis para reduzir custos e

desperdícios. Os resultados mostraram uma redução de 10,69% nos custos totais de manutenção.

Numa fábrica portuguesa (cervejeira) teve-se como objetivo melhorar a gestão dos materiais de consumo nos ateliers de manutenção, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência das atividades. Identificaram-se problemas como a dificuldade em localizar materiais, ausência de locais bem definidos, falhas frequentes de stock e materiais não codificados no sistema informático. Para resolver estas questões, foram aplicadas ferramentas *lean*, como 5S, gestão visual e *kanban*, para a reorganização dos armários e consumíveis, definindo locais e quantidades mínimas de reposição. Os resultados demonstraram uma redução de 50% no tempo de reposição. Além disso, eliminaram-se desperdícios relacionados com a má gestão de stock, garantindo maior disponibilidade de consumíveis e fiabilidade no abastecimento (Pombal et al., 2019).

A adoção do *lean maintenance* representa uma mudança de paradigma na forma como a manutenção é vista, deixando de ser meramente reativa, assumindo um papel estratégico na criação de valor na organização. Ao integrar princípios *lean*, envolver toda a organização, investir em formação, treino e desenvolvimento de competências das pessoas e criar uma cultura voltada para a melhoria contínua, transforma a empresa para ser constantemente competitiva e inovadora, contribuindo para uma maior eficiência e redução de custos (Mostafa, Dumrak, et al., 2015).

Além dessas estratégias de manutenção, o *lean maintenance* também pode apoiar-se em sistemas inteligentes para suportar as decisões do processo, promovendo o aumento da eficiência operacional da organização (Antosz et al., 2019).

#### **2.4.1. Ferramentas *Lean***

As ferramentas *lean* são instrumentos que visam identificar e eliminar desperdícios nos processos produtivos, promovendo a melhoria contínua e eficiência operacional. Quando este conjunto de ferramentas é implementado de forma correta e integrada, contribui significativamente para melhorar o desempenho de todo o sistema. No entanto, se os princípios *lean* não estiverem solidamente incorporados na cultura da organização, há tendência a retornar às velhas práticas, comprometendo os ganhos obtidos (Rossi et al., 2022), (Omogbai & Salonitis, 2017). Em seguida, serão expostas algumas ferramentas *lean* utilizadas de forma prática.

##### **5S**

O 5S ajuda a reduzir o tempo que não acrescentar valor, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade. O 5S pode ser resumido em cinco passos.

O primeiro, *Seiri*, define-se como a separação do que é necessário para utilização, ou seja, eliminar tudo o que não agrega valor ao trabalho. Em seguida, o *Seiton*, que procura organizar os itens necessários de forma lógica, garantindo que cada coisa tenha o seu lugar e que possa ser encontrado com facilidade. O terceiro, *Seiso*, foca-se na limpeza e eliminação de fontes de

sujidade, promovendo um ambiente mais limpo e agradável. O *Seiketsu* tem como objetivo manter os três primeiros S de forma consistente, através de criação de normas e rotinas. Por fim, o *Shitsuke* que se refere ao desenvolvimento de uma cultura organizacional baseada na autodisciplina, no compromisso e na melhoria contínua (Omogbai & Salonitis, 2017).

Um estudo destacou a aplicação do Six Sigma em particular a aplicação da ferramenta 5S, na gestão de stock de um bloco operatório. Evidenciaram-se eficiências que podem ser alcançadas em termos de poupança de tempo para a equipa clínica e redução do desperdício de stock. Reduziu-se o tempo de preparação em 45% e o valor de stock total reduzido em 17,7% (O'mahony et al., 2021).

Foi realizado um estudo com a aplicação do 6S numa fábrica que produz móveis estofados. A utilização do 6S melhorou a segurança no trabalho, com maior facilidade de perigos. Reduziu os níveis de stock e reduziu o prazo de entrega dos produtos acabados, eliminando tempos perdidos à procura de ferramentas (Pascu et al., 2023).

Numa indústria têxtil, a troca de estilo numa linha de produção acarreta aproximadamente 30 minutos por mudança. A aplicação da ferramenta *Quick Changeover*, integrada na metodologia 5S, permitiu reduzir em 50% o tempo de troca de estilo na linha de produção (de 30 para 15 minutos), através de planeamento prévio e reorganização do posto de trabalho. Esta prática, aliada a princípios de ergonomia e economia de movimentos, resultou numa melhoria de 20% na eficiência dos operadores e numa redução da fadiga (Ramdass, 2015).

Além do impacto na produtividade, o 5S tem um impacto direto relevante na segurança no trabalho, pois garante um ambiente de trabalho mais limpo, organizado e padronizado. A aplicação das etapas do 5S ajuda a eliminar obstáculos, evitar acumulação de materiais, manter passagens livres e identificar riscos, reduzindo assim a probabilidade de acidentes (Sá et al., 2021).

Numa empresa de mobiliário avaliaram o impacto das ferramentas *lean* 5S e gestão visual na segurança do trabalho. As intervenções envolveram a reorganização dos layouts, delimitação de zonas de circulação, implementação de sistemas kanban e sinalizações, normalização de processos e melhoria da organização das bancadas. Verificou-se uma redução de 40% em desperdícios de atividade sem valor (movimentos, esperas e transporte), com ganhos de produtividade de 74% na secção de acabamento e 87% na carpintaria. Do ponto de vista da segurança, 83% dos trabalhadores reconheceram melhorias no ambiente de trabalho, limpeza e organização, e apontaram redução de risco de acidentes devido à sinalização (Sá et al., 2021).

### **Standard Work**

O *standard work* (SW) é a prática de estabelecer, comunicar, seguir e melhorar as normas. É definido como um conjunto de procedimentos de trabalho que estabelece os melhores métodos e sequências para cada processo e cada trabalhador (Pereira et al., 2016).

É um sistema de descrições detalhadas e documentadas em que os trabalhadores seguem uma determinada sequência de tarefas que se repetem no local de trabalho, utilizado para manter a ordem e consistência nas operações e reduzir as variações de processo (Santos et al., 2023).

Assim o SW visa minimizar os desperdícios, e ao mesmo tempo, maximizar o desempenho onde envolve três elementos-chave (Pereira et al., 2016):

- *Takt Time*: Representa a taxa de produção em harmonia com as a frequência dos pedidos dos clientes, ou seja, o tempo máximo de produção permitido por produto em relação à procura dos clientes.
- Sequência de trabalho: Consiste na padronização da ordem de realização das tarefas de um determinado processo.
- WIP padrão: Representa a quantidade mínima de stock a manter, de forma a manter o ritmo de produção em fluxo contínuo e sem tempos ociosos.

Em linhas de fabrico de sistemas de ar condicionado, utilizou-se o SW nos processos de fabrico como o corte por punção, soldadura, de dobra, embalagem entre outros. Estas normalizações da linha de produção resultaram numa melhoria do OEE de 16% (Antoniolli et al., 2017).

Num estudo numa indústria automóvel, referem-se algumas oportunidades de melhoria na perspetiva de normalização de tarefas. As instruções de trabalho propostas incidem na normalização das caixas de ferramentas e das movimentações executadas pelos operadores (Santos et al., 2023).

Constata-se que infeções de saúde são associadas a falhas de higiene e esta prevenção é um objetivo necessário para a sua melhoria. O'Reilly et al. (2016) têm o objetivo de melhorar a higienização das mãos através do SW onde se inclui etapas físicas e elementos de comunicação. Observou-se uma melhoria no desempenho do novo padrão, bem como uma melhoria de tempo para os profissionais clínicos.

Os autores P. Ribeiro et al. (2019) implementaram ferramentas *lean* nos dois principais produtos de uma empresa de plástico. Com a aplicação do SW melhorou-se a estabilidade do processo e aumentou-se a autonomia dos colaboradores, reduzindo em 90% as não conformidades na troca de turnos. Definiram-se normalizações de pintura e envernizamento, com base em conceitos do SW. Com a aplicação das ferramentas *lean*, alcançou-se uma redução de 70% dos tempos de transporte na área da pintura, uma melhoria de 18% do OEE no processo de injeção e uma melhoria de 16% e 17% em duas linhas de pinturas, respetivamente.

### **Diagrama de esparguete**

O diagrama de esparguete é um método que permite visualizar o movimento de um objeto (trabalhador, material, etc.) numa área de produção ou numa parte de um edifício, com o auxílio de linhas. As linhas são desenhadas num determinado layout para identificar os fluxos de movimentos, número de movimentos, as sobreposições de trajetos e os seus cruzamentos. Isto permite visualizar e melhorar os trajetos escolhidos de forma a encurtar possíveis interseções. Esta ferramenta permite, assim, capturar a condição existente e exibir uma oportunidade de reduzir ou eliminar desperdícios dos trajetos efetuados (Santos et al., 2023).

É um instrumento fácil, mas robusto, para visualizar os movimentos e transportes. Quando as rotas são esboçadas, é geralmente simples de identificar potenciais reduções de desperdício de movimentos (Guzel & Asiabi, 2022).

Yerian et al. (2012) salientam o uso de ferramentas *lean*, como o diagrama de esparguete, para mapear uma configuração de trabalho mais eficiente. Foram criados gráficos de trabalho padronizado através de um processo iterativo onde foram testados vários modelos de layout. Um total de 192 eventos de deslocações foram eliminados devido a esta iniciativa e foram projetos assim edifícios de trabalho mais eficientes. Em média 3,4 deslocações foram removidas por posto de trabalho.

O diagrama de esparguete foi utilizado para a análise dos benefícios entre a situação atual e um plano de layout futuro, calculados com base no movimento de três principais matérias-primas de uma fábrica de móveis. Para calcular o efeito do estudo na empresa, foram multiplicados os valores de melhoria pelos valores de venda anuais. Como resultado a empresa reduziu 868,67 km a pé dos colaboradores e poupou 241,30 horas anuais (Guzel & Asiabi, 2022).

Verificou-se numa linha de montagem automóvel, redução do tempo de *setup* utilizando ferramentas como o SMED e o diagrama de esparguete. Aplicou-se o diagrama de esparguete nas deslocações sem e com materiais/ferramentas na comparação de dois *setups*. Ao comparar o primeiro *setup* com o segundo constatou-se que as deslocações por transporte reduziram de 54 para 31 uma melhoria de 43% (Oliveira & Lima, 2023).

Skeldon et al. (2014) aplicaram iniciativas *lean* (diagrama de esparguete e VSM) para melhorar a eficiência dos tempos de espera, tempos de chegada, tempos de avaliação de enfermagem em clínicas de uro-oncologia. Os dados do estudo foram obtidos aos 30, 60 e 90 dias. O tempo de ciclo antes da iniciativa era de 46 minutos. Manteve-se estável em 46 minutos aos 30 dias, melhorou para 35 minutos aos 60 dias e 41 minutos aos 90 dias. A proporção média de tempo acrescentado em comparação com toda a visita clínica aumentou de 30,6% no início do estudo para 66,3% em 90 dias.

Desenvolveu-se numa fábrica automóvel ações de melhoria na logística interna e na gestão de abastecimento de materiais às linhas de montagem. Foram analisados problemas como a retenção de carrinhos de *picking*, excesso de materiais nas linhas e percursos demasiado longos dos operadores. Encontram-se soluções que incluíram a padronização do fornecimento de materiais, aplicação do 5S no armazém e na linha, revisão e reorganização de caixas e reforço da gestão visual nos corredores e áreas de armazenamento. Constatou-se uma eliminação de mais de 60 caixas desnecessárias, libertação de espaço 7% na área de montagem, maior controlo do fluxo de materiais e maior fiabilidade no abastecimento à produção (Mourato et al., 2021).

### **Value Stream Mapping (VSM)**

Um fluxo de valor é um conjunto de todas as ações (tanto as que acrescentam valor quanto as que não acrescentam) necessárias para levar um produto, serviço ou informação através dos fluxos principais, começando pela matéria-prima até ao término no cliente. Estas ações consideram o fluxo de informação e materiais dentro de toda a cadeia de abastecimento. O mapeamento do fluxo de valor permite visualizar esse percurso com o objetivo final de identificar todos os tipos de desperdício e orientar e tomar medidas para os eliminar (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Segundo Tyagi et al. (2015) os princípios que constituem o VSM são a definição precisa do valor do produto no ponto de vista do cliente, o desenvolvimento de um fluxo de valor e a eliminação dos desperdícios.

O primeiro passo é a escolha de um produto ou família de produto como alvo de melhoria. De seguida, é necessário desenhar o mapa do estado atual, que é essencial para capturar como as coisas estão a ser feitas no momento. Este mapa servirá para fornecer uma base para identificar fraquezas no processo. O terceiro passo é criar o mapa do estado futuro, que é uma imagem de como o sistema deve ficar após a remoção das ineficiências. Toda esta estrutura é a base para realizar as alterações necessárias no sistema (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Uma empresa de aço utilizou o VSM numa família de um produto, e recolheu dados do fluxo de materiais como também os níveis de stock inicial e final, os tempos de ciclo e o número de trabalhadores. A aplicação prática revelou uma série de oportunidades de otimização, nomeadamente a redução significativa dos tempos de ciclo, eliminação de atividades que não acrescentaram valor, redução de lead time e aumento da taxa de entrega no prazo (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Num produto de uma turbina a gás, foi discutido um caso para ilustrar a utilização de uma estrutura de proposta seguida pelo VSM. Primeiramente, foi desenvolvido o mapa de estado atual com recurso ao *Gemba Walk*. Realizaram-se brainstorming para explorar os desperdícios e por fim desenvolveu-se um mapa do estado futuro com a remoção de todas as ineficiências. Espera-se que a estrutura VSM reduza em 50% o tempo de desenvolvimento profissional (Tyagi et al., 2015).

Implementou-se o VSM juntamente com outras ferramentas com o objetivo de melhorar ineficiências de uma empresa de camisas. Recolheram-se dados como os tempos medidos por cronómetros e questionários estruturados. A análise dos desperdícios resultaram dos movimentos, do stock e da sobreprodução. Com a implementação do *lean*, obtiveram-se reduções de 74,30%, 30,95%, 71,1% e 27,02% no stock de produtos em curso, no tempo sem valor acrescentado, no *lead time* e no valor por minuto padrão, respetivamente (Bizuneh & Omer, 2024).

A ferramenta VSM foi aplicada com enfoque na redução de desperdícios e otimização do fluxo de produção num contexto industrial. Consistiu na recolha detalhada do processo, identificação de gargalos e atividades que não acrescentam valor, com o intuito de construir um mapa futuro idealizado. A análise revelou que o processo inicial apresentava longos tempos de espera, excesso de inventário e desequilíbrios no ritmo de produção. O estudo confirmou a eficácia do VSM como uma ferramenta gráfica e para compreender o fluxo de valor, como também suportar decisões estratégicas de melhoria contínua (Schoeman et al., 2020).

### **Diagrama de Ishikawa (Diagrama de causa-efeito)**

Kaoru Ishikawa, um gestor japonês, concebeu um diagrama capaz de descobrir a causa raiz dos problemas, o diagrama de Ishikawa, diagrama de causa efeito ou espinha-peixe. Este indica a relação entre o problema e as suas causas subjacentes, ou seja, é uma ferramenta de análise qualitativa de expressão e análise causal (Luo et al., 2018).

O desenho do diagrama de Ishikawa é um diagrama gráfico e assemelha-se muito ao esqueleto de um peixe. Cada “espinha” maior do peixe pode ramificar-se para incluir espinhas mais pequenas, contendo mais detalhes. Estas espinhas representam todas as possíveis causas de um problema (Liliana, 2016). A análise começa por identificar o problema, seguida da identificação das possíveis causas desse problema. As causas são normalmente agrupadas em categorias principais, em que as categorias são incluídas geralmente como (Liliana, 2016):

**Mão-de-obra:** Refere-se as pessoas envolvidas no processo

**Métodos:** Como o processo é realizado e os requisitos para o realizar, como políticas, procedimentos, regras e regulamentos.

**Máquinas:** Qualquer equipamento, ferramenta que é necessário para realizar o trabalho.

**Materiais:** Todos os materiais, partes usadas para o processo de produção do produto final.

**Meio ambiente:** As condições, como a localização, tempo, temperatura, cultura em que o processo é operado.

Luo et al. (2018) constataram que a utilização desta ferramenta é consistente para a identificação dos principais fatores que afetam a segurança, incluindo acidentes e riscos de fuga de gás natural em tanques. Em suma, utilizou-se o diagrama de Ishikawa combinando com a matriz de risco para determinar as causas com a severidade e probabilidade de ocorrência. Este método contribuiu para a gestão abrangente da segurança e para a identificação de riscos, bem como para a redução da sua ocorrência com métodos de análise de segurança.

A filosofia *lean* foi aplicado a um ambiente educativo para melhorar os processos operacionais. Foram utilizadas diversas ferramentas, como o A3, 5 porquês, diagrama de Ishikawa, 5S entre outros que levaram à reorganização dos processos nas salas de um jardim de infância. Verificaram-se reduções gerais de 82,65% no excesso de movimentações, 75,49% no excesso de transportes e 60,66% no excesso de stock. Foram também poupados 45 minutos no tempo de preparação devido à redução do tempo sem valor acrescentado (Antony et al., 2022).

A variação nos processos é um fator determinante para a qualidade ser assegurada. Os autores Araman & Saleh (2023) investigaram as fontes de variação no processo de extrusão de perfis de alumínio, adotando *Lean Six Sigma* para conduzir este estudo. As causas raízes dos defeitos foram determinadas através do diagrama causa-efeito e da matriz de decisão. Os resultados desta abordagem melhoraram a qualidade do processo. Verificou-se que o rendimento do processo foi melhorado 7,39% e a poupança do custo por perfil de alumínio foi de 62,72\$.

Constatou-se que a pintura é uma área com magnitude para a melhoria de qualidade. Num estudo realizado por Thakur et al. (2021), otimizou-se o processo com a aplicação do Lean Six Sigma. Na fase inicial utilizou-se o diagrama de Pareto, que demonstrou que a etapa crítica envolve as propriedades do material da tinta e o pré-tratamento. Na fase de análise, foram identificados os principais causadores de defeitos através do diagrama de espinha de peixe. A implementação desta metodologia adotada reduziu a taxa de rejeição de 12% das tintas para 5% e o nível do sigma de 2,8 para 4,1.

## 2.5. Análise crítica da revisão bibliográfica

A manutenção é um fator que tem vindo a ganhar notoriedade ao longo dos últimos anos. Vista como dispensável no passado, atualmente constitui um pilar estratégico para o crescimento e a competitividade organizacional em diversos setores. A revisão da literatura evidencia avanços significativos, nomeadamente através da incorporação de ferramentas *lean*, da difusão de metodologias como o TPM e RCM, da utilização de sistemas de monitorização e da integração de tecnologias inteligentes, que têm permitido transformar os processos tradicionais de manutenção em soluções mais ágeis e eficazes. Posto isto, com recurso a análise de diversos casos de estudo concluiu-se que as metodologias de manutenção e as ferramentas *lean* são pilares marcantes para melhorias de todo o tipo de empresas, seja setores automóveis, mobiliários, de energia, farmacêuticos, metalomecânica, entre outros.

Apesar dos avanços teóricos e da multiplicidade de propostas metodológicas, a literatura científica oferece pouca evidência da integração entre modelos. As metodologias como o TPM, RCM e CBM são tratadas como abordagens distintas, mas a literatura raramente explora modelos híbridos ou integrados que combinem os pontos fortes de cada estratégia. A digitalização e indústria 4.0 abundam na revisão com protótipos e simulações baseados em sensores e IA, mas não contribuem com aplicações consolidadas e metodologias operacionais replicáveis. Além disso, muitos trabalhos limitam-se a modelos matemáticos, sem aplicação em casos reais em empresas, o que restringe a validação prática das propostas.

Com base em todos os artigos considerados nesta revisão da literatura, foi realizado um mapa de relações no software *VosViewer*, demonstrado na Figura 6, para compreender as ligações das palavras-chave dos autores que mais são mencionadas na literatura explorada. O mapa contruiu-se à volta das palavras-chave mais utilizadas, permitindo identificar os temas principais. É de notar, que a manutenção é o ponto com mais ênfase desta análise, assim como os pontos do *lean maintenance*, as suas ferramentas e as metodologias da manutenção. Observa-se que estes temas se encontram conectados, ou seja, existe interdisciplinaridade. No entanto, alguns clusters possuem conexões fracas, o que pode sugerir potenciais oportunidades de investigação futura para aprofundar as interações destas áreas. Os dez temas principais identificados incluem a manutenção, que constitui o eixo estruturador do mapa. Além dela, os nove temas mais recorrentes são o OEE, 5S, *standard work*, *lean maintenance*, *value stream mapping*, *total productive maintenance*, *reliability*, *condition-based maintenance* e *preventive maintenance*.

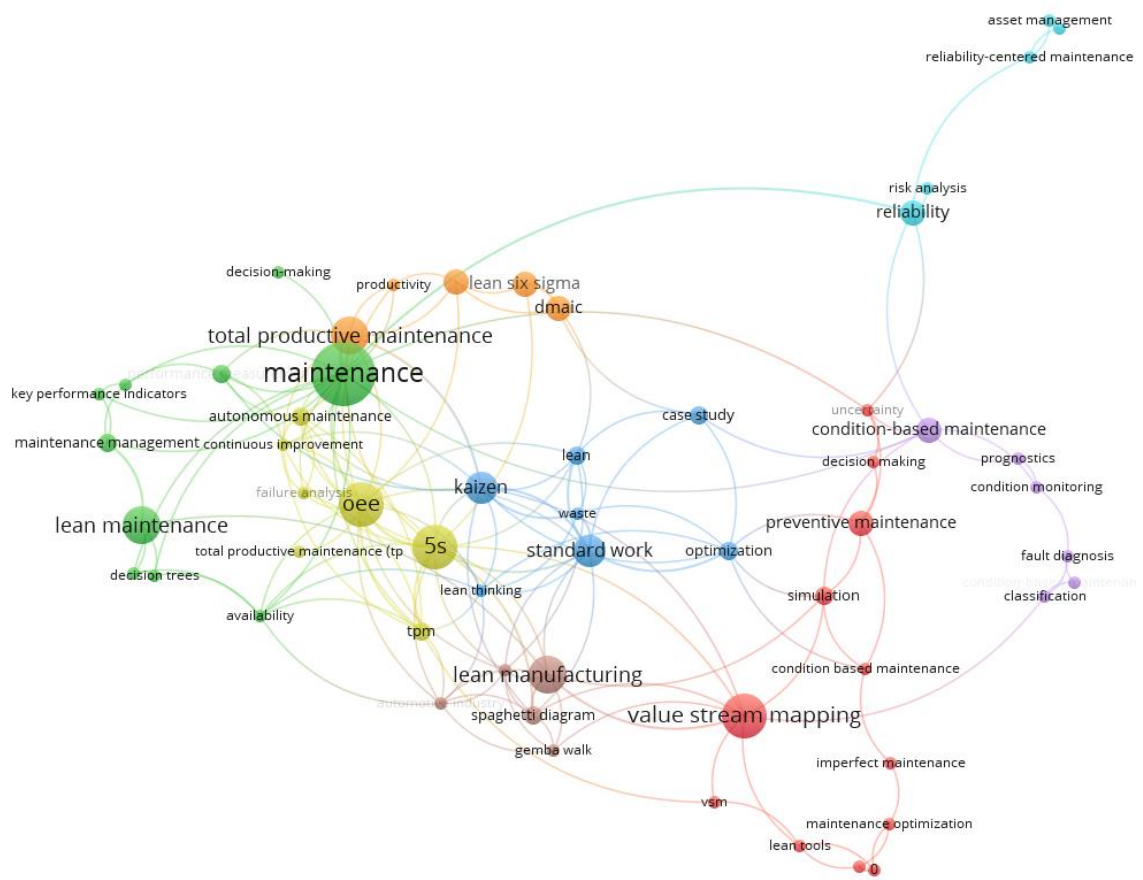


Figura 6 - Mapa de relações VosViewer

## 3. Desenvolvimento

O presente capítulo, numa primeira fase, tem como propósito apresentar a empresa de acolhimento, falar sobre o processo produtivo, a abordar a preocupação da Lidergraf com questões ambientais e bem-estar dos seus colaboradores. Numa segunda fase, expõe-se a situação atual da organização e a identificação de problemas que possam impactar a eficiência dos equipamentos como dos colaboradores da Lidergraf.

### 3.1. Apresentação da empresa

A Lidergraf – Artes Gráficas, S.A é uma empresa tem como missão “oferecer soluções e produtos gráficos, a um preço justo e com absoluta responsabilidade social, ambiental e ética” com o comprometimento de trazer o melhor aos olhos dos *stakeholders*.

A história da Lidergraf começa no ano de 1994, em Árvore, Vila do Conde, com a construção do seu primeiro edifício e com o arranque da produção dos seus primeiros impressos. Em 1997 instala a primeira máquina plana de grandes formatos e altas velocidades, a M600. Em 2007 é construído um segundo edifício para ampliar a capacidade de impressão e também a capacidade de acabamentos agrafado ou encadernado. Cinco anos mais tarde, expandem em Lisboa uma sede para abordagens comerciais. De forma a aumentar o seu crescimento, em 2019, propaga a sua marca para o mercado internacional abrindo delegações em Barcelona e em 2023, uma segunda delegação no mercado espanhol, situada em Madrid. Nos dias de hoje é uma referência a nível nacional e procura consolidar-se a nível europeu.

É uma empresa que concebe todo o tipo de produtos gráficos, como brochuras, folhetos, livros infantis, revistas, catálogos entre muitos outros, que conta com mais de vinte anos de experiência em trabalhar na constante perfeição da cor e resolução. Conta com uma equipa de 160 pessoas, que transforma 180 toneladas de papel por ano e gera um volume de 25 milhões de euros anuais. Na parte da impressão *offset* tem a capacidade de produzir quatrocentos mil cadernos de dezasseis páginas, de realizar um milhão de revistas agrafadas e trezentos mil livros/brochuras coladas diariamente (*Lidergraf - Sobre Nós*, n.d.).

### 3.2. Processo produtivo

A Lidergraf conta com um vasto fluxo de etapas de produção, desde o planeamento e organização inicial até a finalização e entrega dos produtos acabados. Cada fase do processo

## Desenvolvimento

produtivo é cuidadosamente monitorizada, garantindo padrões de qualidade e precisão a fim de satisfazer os interesses dos clientes. Desta forma, apresentam-se abaixo as etapas do processo produtivo principiando na pré-impressão.

**Pré-impressão:** Esta é a fase inicial do processo, onde se faz a preparação do caminho que a matéria-prima deve seguir e onde contempla toda a informação de como os operadores devem proceder para garantir que o trabalho saia num caminho lógico entre equipamentos. É nesta fase que fazem a receção da imagem final que é enviada pelo cliente. Definem os parâmetros de cor, as formas e textos a serem impressos, realizam a verificação da resolução e qualidade da imagem e conferem o tamanho e a ordem correta das várias páginas a seguir. É na pré-impressão que realizam a maquete do trabalho e provas de cor que serve como uma validação visual da impressão final, de forma que o cliente reflita sobre ambiguidades relativamente ao produto a ser produzido. Por fim, se tudo estiver dentro padrões procede-se a obtenção das chapas para impressão através da tecnologia CTP (*Computer to Plate*) que permite a gravação a laser das imagens em chapas de alumínio, prontas a ser colocadas nos equipamentos de impressão. Este processo é realizado via digital obtendo-se ganhos de tempos e custos.

**Impressão:** A Lidergraf conta com três variedades de impressão distintos que diferem consoante o tipo de trabalho recebido, como a qualidade requerida pelo cliente, a velocidade e a quantidade de tiragens.

### 1) Impressão digital

A impressão digital é um processo de impressão de cor que se realiza diretamente no papel, que não tem necessidade de chapas ou outros intermédios. Este facto torna num processo mais económico para poucas tiragens e mais fácil de personalização.

### 2) Impressão *offset*

O processo de impressão será descrito com maior detalhe nesta fase de impressão *offset*, pois é um dos métodos mais amplamente utilizado na organização.

A impressão *offset* é um processo indireto, ou seja, o papel não entra em contacto com a tinta, mas sim passa por inúmeros rolos até chegar ao papel. É um sistema complexo de rolos, componentes mecânicos e eletrónicos, que operam em sincronia para transferir a imagem desejada para o papel.

- Cilindro da chapa: É onde se coloca a chapa proveniente do CTP e que contém gravado as imagens e textos que se querem transpor para a folha. No cilindro tem um sistema de garras que segura a chapa. Nas áreas da chapa que foram gravadas tornam-se hidrófobas, repelem a água, contribuindo para agarrar a tinta nesses locais. Contrariamente na zona onde não existiu remoção de material a zona mantém-se hidrófilas. Devido a essas características quando a água da molha encosta na chapa limpa somente os espaços de tinta onde a água é atraída, formando a imagem pretendida.

-Sistema da água da molha: É uma solução que contém água junto de aditivos e em alguns casos pode levar álcool. Esta solução serve para molhar a chapa e formar a imagem pretendida através das características da chapa de alumínio.

-Cilindro do cautchu: Neste cilindro contém o cautchu, uma espécie de borracha que é o responsável por carimbar a tinta no papel. O cautchu encontra-se em contacto com a chapa que transfere a tinta da chapa para o rolo emborrachado. Este por fim, encosta no papel transportando assim a tinta para o produto final. Pelo motivo do papel não entrar em contacto com a tinta, esta impressão é chamada de indireta.

-Cilindro impressor: Este cilindro é responsável por exercer a pressão necessária entre o cilindro do cautchu e o papel. Regula a quantidade de tinta transposta para o papel de acordo com os padrões requeridos dos clientes.

Nos sistemas da água da molha e da tinta tem rolos adicionais que realizam movimentos longitudinais que mantem a película uniforme ao longo de todo o rolo, para que a camada de contacto seja sempre constante reduzindo as chances de defeitos.

Este conjunto de rolos repete-se por quatros unidades de impressão. Cada uma tem a função de adicionar uma cor específica ao papel, chamado de sistema CMYK, sigla para as cores Ciano (azul-claro), Magenta (Rosa avermelhado), *Yellow* (amarelo) e *Black* (preto). O papel passa por cada uma dessas unidades, acumulando as cores em camadas até formar a imagem final. Estas cores respeitam uma ordem de colocação nas unidades, que atravessam da cor mais escura até à mais clara (Preto-> Magenta-> Azul-Claro-> Amarelo). Além destas quatro unidades, existe uma quinta unidade de impressão dedicada a aplicação de uma cor Pantone. A cor Pantone refere-se uma codificação cromática desenvolvida pela Pantone *Color Institute*, cuja função é assegurar a reprodução consistente da cor, garantindo uma maior precisão, padronização e controlo visual. A utilização desta cor especial é utilizada apenas quando solicitada explicitamente pelo cliente. Na Figura 7 está ilustrada as unidades de impressão.



Figura 7 - Unidades de impressão offset

## Desenvolvimento

Após a passagem pelas unidades de impressão o papel segue para a unidade de aplicação de verniz. Esta etapa tem o objetivo de realçar o brilho, a saturação das cores e proteger a superfície impressa. Em seguida, o papel passa por uma estufa de secagem, ilustrada na Figura 8.



Figura 8 - Estufa da impressão offset

A função da estufa é acelerar a evaporação dos solventes, garantindo que o material saia completamente seco e apto para a fase do processo produtivo.

Finalmente, após a secagem, o papel é conduzido até à saída da máquina, onde é empilhado, pronto para a fase dos acabamentos. Entre as folhas é aplicada uma camada de pó, que evita que a impressão ainda húmida cause danos entre elas, representada na Figura 9.



Figura 9 - Máquina de pó e saída, respetivamente

### 3) Impressão rotativa

A impressão rotativa é nada mais nada menos que o mesmo processo de impressão *offset*. Este é um processo que também não tem contacto direto entre a tinta e o papel. A real diferença entre estas duas impressões é na alimentação do papel, em que na *offset* entra folha a folha e na rotativa a alimentação é realizada por bobine. Para além disso, a impressão rotativa é realizada numa única passagem, contendo um cautchu e uma chapa em cada um dos lados da folha (frente e verso) enquanto na impressão *offset* necessita de realizar duas passagens na máquina para imprimir os dois lados da folha. Na Figura 10 é ilustrada a diferença da matéria-prima e a entrada do papel na máquina. Por último, a impressão rotativa conta com uma zona de corte e dobragem incorporada, muitas vezes não tendo a necessidade de entrar na próxima etapa do processo produtivo, os acabamentos. A impressão rotativa é frequentemente utilizado para grandes tiragens. Na Figura 10 está representado a matéria-prima de ambas as impressões e a sua entrada na máquina, no lado esquerdo o desenrolador (impressão rotativa) e no lado direito o marginador (impressão *offset*)

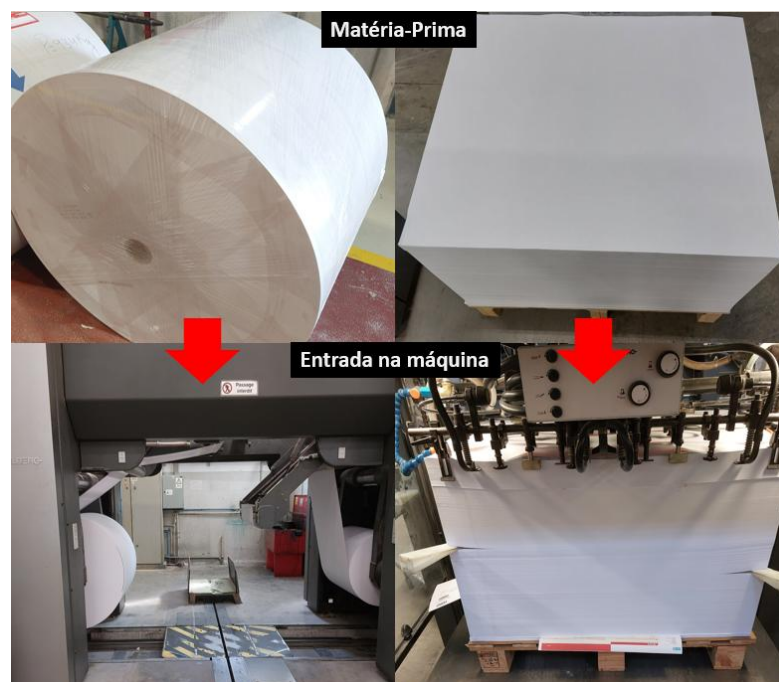


Figura 10 - Formato do papel e entrada na máquina, impressão rotativa e offset, respetivamente

**Acabamentos:** Esta é a etapa subsequente da fase de impressão. É nesta fase que vão realizar o corte de excessos e realizar o formato final do produto. Conta com diversas máquinas, no qual inclui operações de corte, dobragem, agrafamento, coser a fio até chegar ao produto desejado pelo cliente.

## Desenvolvimento

### 1) Dobra

Esta operação tem o objetivo de dobrar a folha proveniente da impressão em quatro, oito, dezasseis ou trinta e duas páginas. Este produto quando dobrado é chamado de cadernos que ao juntar vários formam o livro.

### 2) Corte

Neste método é efetuada o corte de excessos de papel que se encontram nas laterais das folhas dobradas. Este corte pode ser efetuado trilateralmente, ou seja, nos três lados da folha ou unilateral, correspondendo à parte de abertura do caderno. Este corte é realizado por guilhotinas.

### 3) Agrafar

Este procedimento conta com a utilização de bobines de arame que unem as páginas ou cadernos através de pequenos pedaços de arame (agrafos). Inicialmente, procede-se ao alceamento, que serve para colocar cadernos um por dentro do outro por uma ordem estipulada e por fim a capa pretendida. Após os cadernos e a capa estar colocada de forma correta aplica-se os agramos para afixar.

### 4) Coser a fio

Neste processo de união dos cadernos realiza-se através da costura com fio que une várias páginas do livro.

### 5) Colagem

Como no agrafamento a colagem inicia com a alceamento de cadernos, porém neste caso coloca-se um ao lado do outro, até formar um bloco de cadernos. De seguida, efetua-se a um desbaste da superfície onde se irá colocar a cola. Neste caso é lixado a zona da lombada e nas duas laterais próximas, para uma melhor penetração e aderência da cola. Por fim, coloca-se a capa que é segurada pela cola.

### 6) Cintar e embalar

A parte da cintagem consiste em envolver lotes pequenos de livros, folhetos com cintas para prender e por fim embala-se um conjunto de lotes com rolo de filme para realizar o transporte com segurança em paletes.

## 3.3. Preocupação ambiental

A preocupação ambiental é um ponto de consideração e um dos valores fundamentais da Lidergraf, evidenciada com a utilização da frase “*Sustainable Printing*” na sua marca. Este compromisso de sustentabilidade é demonstrada pelas diversas atividades efetuadas pela Lidergraf de modo a não comprometer as gerações futuras e que não deixe marcas na natureza. As decisões da organização são guiadas pelo cuidado com todos os seus parceiros, a fim de harmonizar o crescimento económico com o desenvolvimento sustentável. Esta visão da empresa, integra os três pilares da sustentabilidade formando o equilíbrio entre o progresso

ambiental, social e económico, demonstrando um modelo de atuação consciente e responsável.

A organização promove a melhoria contínua dos processos com vista a maximizar a eficiência e produtividade da cadeia produtiva através da minimização dos recursos e energia, minimização dos impactos ambientais causados e com o aumento da qualidade final dos produtos e satisfação de todos os colaboradores.

A empresa conta com medidas para combater o uso de combustíveis fósseis com a promoção de energia de recursos renováveis. A aposta em energia solar representa um passo utilizado na redução da pegada ecológica. Para além de suprir as próprias necessidades canaliza o excedente para a rede elétrica, permitindo que outros consumidores beneficiem de fonte limpa e renovável.

A empresa investe em tecnologia para evitar o desperdício de papel e água, sendo estas duas das suas maiores matérias-primas utilizadas. Conta com sistemas de ar comprimido e CTP avançados com sistema de pré-tratamento, monitorização de efluentes e recirculação de água. Nos processos de impressão procuram soluções sem a necessidade do uso de álcool isopropílico, que está implementado na impressão rotativa e nos novos equipamentos de impressão *offset*. A Lidergraf fomenta o tratamento de solventes podendo voltar a entrar num novo ciclo produtivo.

A organização dispõe de um controlo de efluentes gasosos, com inceneração dos solventes libertados pelo funcionamento da estufa, que controla os níveis de emissões gasosas para a atmosfera e reaproveita estes solventes como combustível para aquecer a estufa e reduzir a necessidade de gás natural.

Reutilizar e reciclar são um campo de valorização de resíduos, promovendo práticas ambientais. A Lidergraf reutiliza planos como contraprovas e reutiliza papel com qualidade afetada ou rascunhos para impressões correntes na área da administração. Reutiliza embalagens de plástico para armazenamento de alguns resíduos produzidos e panos de limpeza que são amplamente usados por parte da limpeza pessoal como na limpeza por parte da manutenção dos ativos. Reutiliza o papel, plástico, cartão, chapas de alumínio equipamentos eletrónicos, sucatas e pilhas promovendo uma gestão eficiente de resíduos.

Todas estas iniciativas reforçam o alinhamento com algum dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), energia renováveis e acessíveis (ODS7), indústria, inovação e infraestruturas (ODS9), produção e consumo sustentáveis (ODS12) e ação climática (ODS13). As ODS estão referenciadas na Figura 11.



Figura 11 - Logótipo da ODS 7, ODS 9, ODS 12 E ODS 13

### 3.3.1. Certificações Lidergraf

A Lidergraf para conjugar a questão ambiental presenciada anteriormente, mantém uma forte ligação a diversas certificações que evidenciam a preocupação com a sustentabilidade. Embora as certificações são voluntárias e emitidas por entidades independentes, demonstra um compromisso e excelência pela responsabilidade ambiental que é valorizado por vários mercados e exigido por clientes ou parceiros.

#### 1) FSC®

Forest Stewardship Council ® (FSC®) é uma organização sem fins lucrativos fundada em 1994 que promove a gestão florestal. É uma certificação que garante que os produtos de origem florestal provenham de florestas geridas de maneira responsável e sustentável. As suas vertentes são sensibilizar para a conservação da biodiversidade, proteção dos serviços de ecossistemas e promoção da segurança no trabalho ambiental. Reside em promover práticas florestais responsáveis, ajudando a preservar os ecossistemas e incentivando o consumo consciente (*Home Page Portugal | Forest Stewardship Council, n.d.*).

#### 2) PEFC

Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) é uma certificação internacional que tem o objetivo de garantir a gestão durável da floresta e o respeito pelas funções suas funções ambientais, sociais e económicas. Assegura que o papel provém de florestas exploradas de forma responsável, que respeitam os direitos dos trabalhadores e comunidades locais e exige um processo de rastreabilidade dos materiais desde a floresta até ao produto final (*O QUE FAZEMOS - PEFC Portugal, n.d.*).

#### 3) Ecolabel

O certificado Ecolabel é uma certificação oficial, independente e imparcial. Oferece soluções sustentáveis baseadas na avaliação do ciclo de vida e na redução dos impactos ambientais das atividades de produção e consumo de produtos. É atribuído a produtos que atendem a critérios rigorosos com base em estudos científicos e revistos periodicamente, com base no impacto ambiental do ciclo de vida do produto (*ECO LABEL TM | Certificação Ecológica de Produto*, n.d.).

O interesse da Lidergraf com esta certificação teve início em 2012. Os produtos devem ser recicláveis e ter um impacto ambiental reduzido, das emissões de substâncias químicas e do consumo de água (*EU Ecolabel Success Story - Lidergraf Sustainable Printing, n.d.*).

Todos estes certificados tem como finalidade validar e demonstrar o compromisso com a sustentabilidade, a responsabilidade ambiental e boas práticas de gestão da Lidergraf. Servem também como uma garantia confiável dos produtos que são vistos com uma atenção acrescida por muitos clientes e parceiros.

### 3.4. Situação atual da empresa

Por forma a entender a situação geral da manutenção da Lidergraf descreveu-se conceitos no âmbito da manutenção. Expõe a manutenção corretiva e preventiva praticada na Lidergraf e apresenta a situação atual dos *stocks*. Além disso, aborda-se problemas identificados durante o acompanhamento do estágio curricular.

#### 3.4.1. Equipa de manutenção e pedidos de manutenção

A Lidergraf conta com uma equipa de manutenção preparada para responder a qualquer a qualquer falha ou avaria que possa ocorrer. Além das intervenções corretivas, a equipa realiza também manutenções sistemáticas, garantindo o bom funcionamento dos equipamentos e a maximização da sua vida útil.

Esta equipa é composta de quatro elementos com perfis versáteis e complementares nas suas áreas de especialização. Dois dos técnicos tem um maior domínio na área da mecânica, enquanto os outros dois possuem competências mais aprofundadas em eletrotecnia. Entre os quatro, dois contam com uma vasta experiência no setor gráfico, adquirido ao longo dos vários anos de trabalho na Lidergraf, o que lhes confere um conhecimento mais profundo do equipamento, podendo ajudar e melhorar as técnicas dos outros dois técnicos recentes na organização com menor experiência.

Estes quatro elementos são responsáveis por atender a todos os pedidos de manutenção da Lidergraf. Estes pedidos de manutenção são internamente designados por PedMan. Estes PedMan são registados no sistema informático chamado de B2B, uma plataforma digital utilizada pela Lidergraf para gestão de vários processos, como a manutenção e *stocks*. É neste sistema que a equipa de manutenção consulta os Pedman emitidos pelos operadores, onde podem aceder, em tempo real, às ocorrências reportadas e respetivos detalhes dos problemas da máquina. Estes PedMan são registados pelos operados das respetivas máquinas, que preenchem um formulário com os seguintes campos:

**Tipo de recurso e recurso:** Identificação do equipamento com falha.

**Assunto:** Breve descrição do problema detetado.

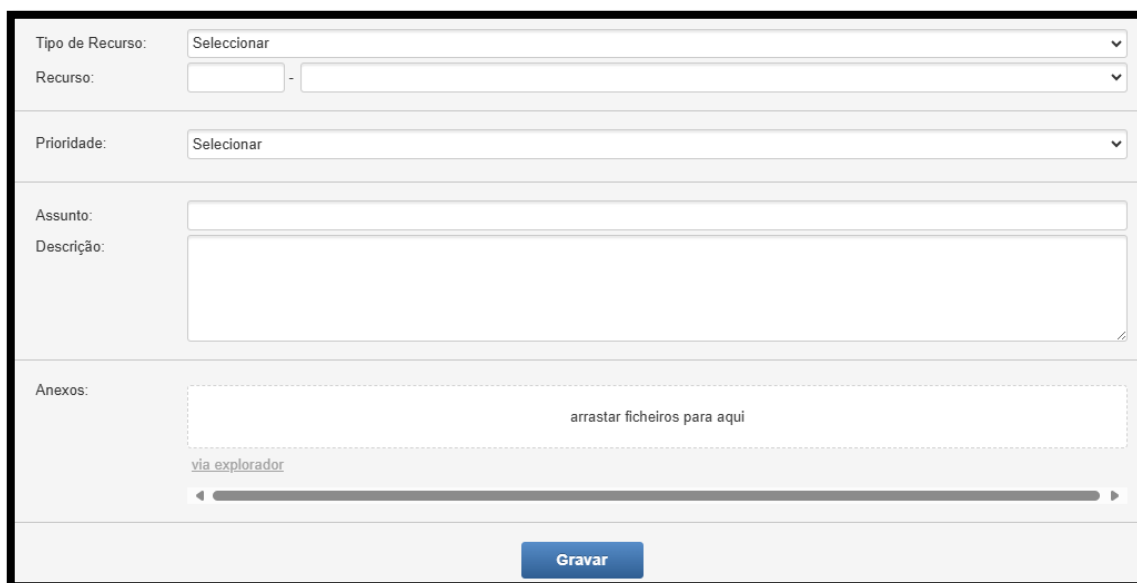
**Descrição:** Informação mais detalhada sobre a anomalia observada pelo operador.

**Prioridade (Nível de criticidade):** Avaliação de urgência do problema, de acordo com o impacto no processo produtivo, na perspetiva do operador.

**Anexos:** Local opcional para colocar imagens para aumentar a velocidade de identificação do problema dos técnicos de manutenção.

Na Figura 12, são ilustrados os campos acima referidos que compõem o formulário do PedMan.

## Desenvolvimento



The image shows a web form for registering a PedMan. It consists of several sections: a dropdown for 'Tipo de Recurso' with 'Seleccionar' selected; a 'Recurso' field with a dropdown arrow; a 'Prioridade' dropdown with 'Seleccionar' selected; an 'Assunto' input field; a 'Descrição' text area; an 'Anexos' section with a dashed border and the text 'arrastar ficheiros para aqui' and 'via explorador'; and a blue 'Gravar' button at the bottom.

Figura 12 - Formulário para registo de um PedMan

O campo prioridade assume um papel particularmente importante, uma vez que serve de base para a priorização do PedMan. Este critério permite uma gestão mais eficiente dos recursos, especialmente em situações com múltiplos PedMan em aberto. Este controlo garante que os casos mais críticos sejam tratados com maior rapidez. A escala de criticidade é composta por cinco níveis, ilustrado a sua incumbência na Tabela 6.

Tabela 6 - Níveis de criticidade

Nível 1	Equipamento parado e sem alternativa. Falar com a manutenção. Muito urgente.
Nível 2	Avaria com paragem, mas com alternativa, trabalho com limitações. Possível paragem a qualquer momento.
Nível 3	Avaria parcialmente/resolvida pelo operador. Necessita verificação ou intervenção da manutenção.
Nível 4	Avaria com impacto reduzido. Alternativa existente.
Nível 5	Carece de intervenção logo que possível.

A responsabilidade de atribuir um nível de criticidade cabe ao operador do equipamento em causa, sendo este o primeiro interveniente no processo de registo do PedMan. Cabe-lhe, assim, avaliar corretamente a gravidade da ocorrência, visto que esta decisão influencia diretamente o tempo de resposta da equipa de manutenção e, conseqüentemente, a rapidez com que o problema é resolvido.

Na Figura 13 é representada a distribuição habitual dos níveis de criticidade atribuída pelos operadores nos anos de 2023 e 2024. Verifica-se que o nível mais registado pelos operadores é o nível 2, com uma percentagem por volta dos 45%. Negativamente os níveis 1 e 2 estão em crescimento ao longo dos anos, sendo que o nível 1 aumentou 3% e o nível 2 aumentou 4% na passagem de apenas um ano.

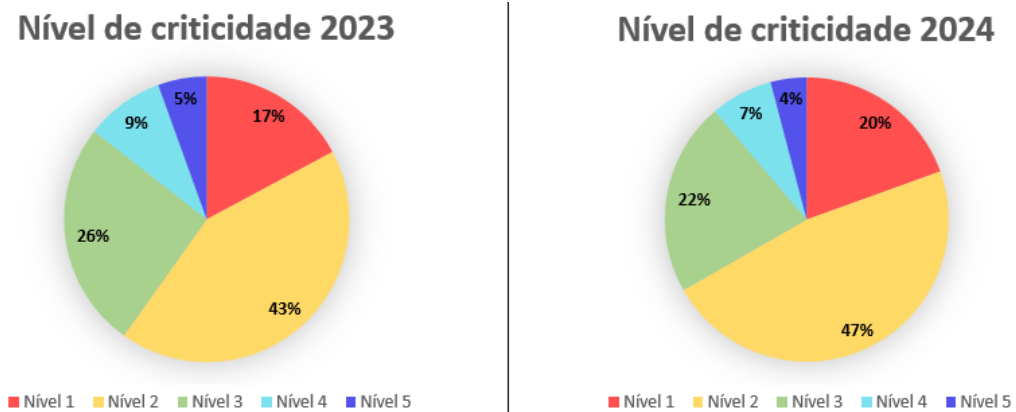


Figura 13- Distribuição dos níveis de PedMan nos anos de 2023 e 2024

Contudo, por vezes, o nível de criticidade atribuído pelo operador não reflete com precisão a gravidade do PedMan. Para corrigir eventuais erros a equipa de manutenção tem a possibilidade de alterar o nível, ajustando à severidade real da ocorrência. No entanto, esta alteração está sujeita a uma data-limite para modificação, com base no nível de criticidade inicialmente atribuído. Na Tabela 7 apresenta os prazos máximos para modificar o nível de criticidade.

Tabela 7 - Data máxima para alteração da prioridade

	Alteração da prioridade
Nível 1	Até 3 dias de registo
Nível 2	Até 5 dias de registo
Nível 3	Até 8 dias de registo
Nível 4	Até 15 dias de registo
Nível 5	Até 30 dias de registo

Para um controlo do desempenho da equipa de manutenção, existe um indicador que estabelece o tempo máximo previsto para a resolução do problema. Este indicador, designado como *Level Service Agreement* (SLA) é apresentado na Tabela 8 com o prazo definido para a realização da intervenção, conforme o nível atribuído.

Tabela 8 - Previsão de dias para resolução dos problemas

	Dias de Resolução Previsionais
Nível 1	3 Dias
Nível 2	8 Dias
Nível 3	15 Dias
Nível 4	30 Dias
Nível 5	180 Dias

Nem sempre este prazo é conseguido dentro dos prazos devido ao elevado número de PedMan registados no sistema diariamente. Na Tabela 9, verifica-se que a taxa do nível 1 corresponde ao melhor valor, enquanto o nível 3 apresenta a pior taxa de resolução atempada.

Tabela 9 - Percentagem de PedMan dentro o SLA

		Ano 2023				
Nível de criticidade		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
PedMan dentro do SLA (%)		86%	59%	59%	60%	70%
		Ano 2024				
Nível de criticidade		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
PedMan dentro do SLA (%)		88%	63%	59%	62%	98%

Este incumprimento dos prazos deve-se por uma má atribuição do nível por parte dos operadores, o que leva a uma subvalorização ou sobrevalorização da urgência. Para além disso, a execução da manutenção pode ser condicionada por questões operacionais, como a indisponibilidade de máquina, ou por fatores externos, nomeadamente a espera por peças por parte dos fornecedores.

### 3.4.2. Atividades da equipa de manutenção

A equipa de manutenção assume inúmeras responsabilidades e preocupações, não se limitando apenas à realização de intervenções corretivas e preventivas. Durante o seu horário de trabalho, que é compreendido num turno de oito horas, a equipa de manutenção distribui o seu tempo por diversas atividades essenciais na Lidergraf. As principais ocupações podem ser descritas da seguinte forma:

- 1) Execução de intervenções: Inclui limpezas, verificações, substituições de componentes em máquinas onde houve um registo de um PedMan, bem como na realização das manutenções preventivas previamente calendarizadas.
- 2) Deslocações internas: Os técnicos despendem parte do tempo em deslocações até aos recursos onde são solicitados, assim como no trajeto entre diferentes equipamentos. As viagens de regresso também são contabilizadas neste tempo.
- 3) Consulta de documentação técnica e gestão de artigos: Existe uma sala dedicada onde os técnicos podem consultar os manuais dos fornecedores para compreenderem os procedimentos específicos da intervenção. Cada técnico dispõe de um computador individual, utilizado para procurar peças e componentes no mercado online, efetuar encomendas a fornecedores, comunicar via email no âmbito do processo de aquisição, consultar e registar PedMan e gerir *stocks* com entradas e saídas no sistema B2B.

- 4) Comunicação e partilha de conhecimentos: Ao iniciar cada intervenção o técnico dialoga com os operadores para recolher detalhes sobre o problema detetado. No final fornece feedback sobre o trabalho realizado e as melhorias implementadas. Adicionalmente quando a intervenção é realizada por dois técnicos, é comum que os mais experientes partilhem conhecimentos com o colega, explicando o processo de correção.
- 5) Outras atividades: Inclui pequenas pausas, momentos para hidratação e higienização pessoal ao longo do turno.

Realizou-se um estudo durante um período de 24 dias das atividades praticadas pela equipa de manutenção, descritas acima. Na

Tabela 10 expõe o tempo acompanhado distribuído pelos quatro técnicos.

Tabela 10 - Distribuição de tempo da análise das atividades

<b>Técnico</b>	<b>Tempo (horas)</b>
<b>Técnico A</b>	34:37:00
<b>Técnico B</b>	26:15:00
<b>Técnico C</b>	19:58:00
<b>Técnico D</b>	36:47:00

Na Figura 14 representa a distribuição, em percentagem, das atividades da equipa de manutenção. Verifica-se que o técnico C é o que apresenta um melhor valor percentual dedicado a execução das tarefas (65%) enquanto o técnico D a pior, com 58%. Esta diferença de 7% entre técnicos equivale a 33,6 minutos diários desperdiçados em atividades no tempo produtivo. A consulta de documentação técnica e gestão de artigos, embora não constitua um tempo improdutivo, dado que são atividades essenciais para garantir a rastreabilidade e organização dos PedMan na Lidergraf, representam uma grande parcela do tempo total de trabalho. Constatou-se que o técnico B é o que despense mais tempo nesta atividade, com um total de 23% do seu tempo alocado a este requisito. Os deslocamentos, uma atividade improdutiva, é responsável pelo maior desperdício de tempo da equipa de manutenção. O técnico D e C apresentam um valor significativo, de 13% e 11% respetivamente em movimentações. O técnico B apresenta o melhor valor de 7% nesta ação.

## Desenvolvimento

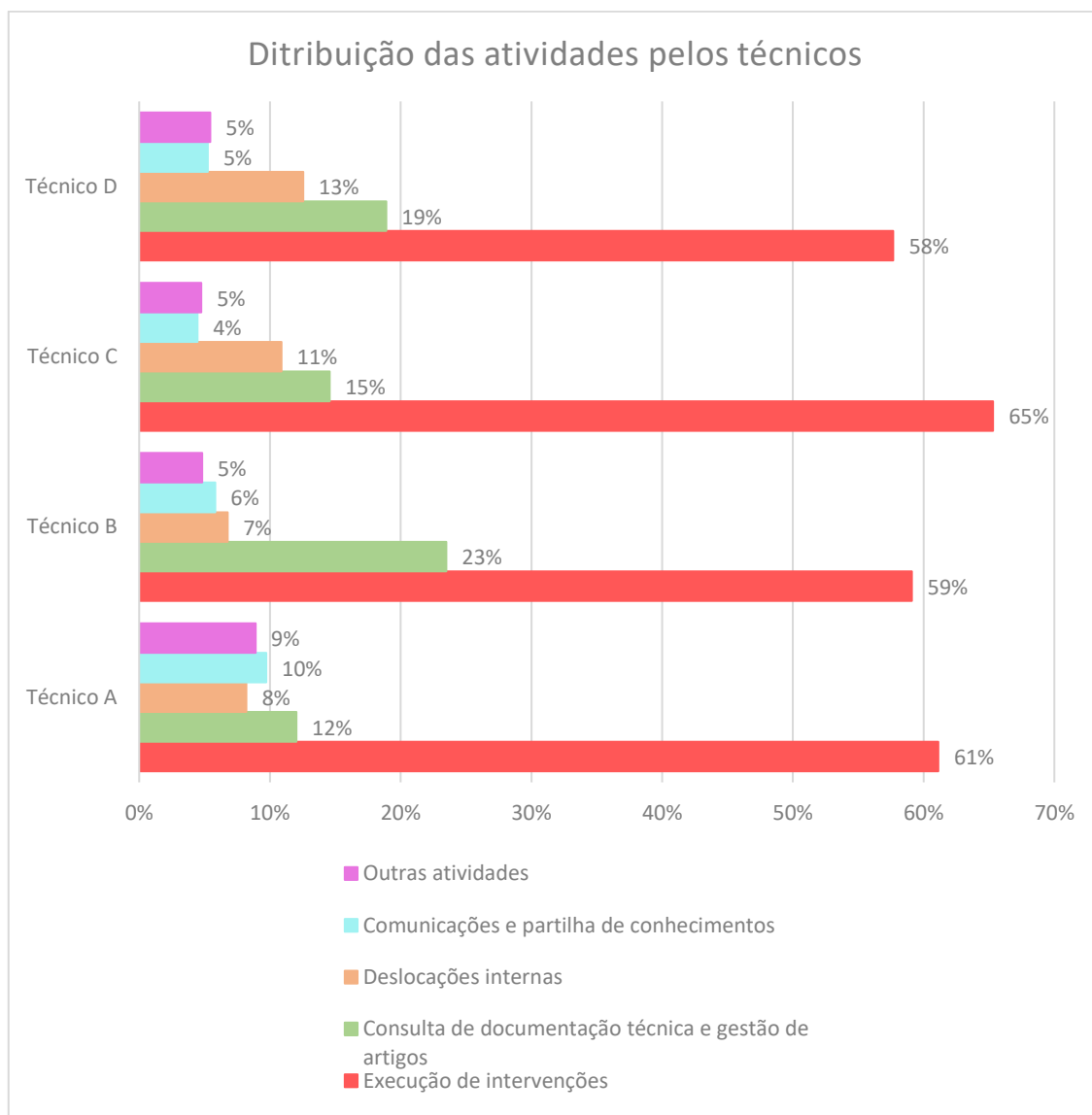


Figura 14 - Distribuição, em percentagens, das atividades pelos quatro técnicos da manutenção  
Na Tabela 11 traduz-se as médias das atividades dos 4 quatro elementos.

Tabela 11 - Média das atividades da manutenção, em percentagem

Atividades da manutenção	Média
Execução de intervenções	61%
Comunicação e partilha de conhecimentos	6%
Consulta de documentação técnica e gestão de artigos	17%
Outras atividades	6%
Deslocações internas	10%

A Lidergraf é composta por dois edifícios o que influencia diretamente nos tempos das deslocações, representado na Figura 15. A oficina de manutenção situa-se no edifício 2, resultando em menos perdas de tempo para intervenções neste mesmo edifício, sendo habitual

a chegada dos técnicos às máquinas em menos de um minuto. Em contrapartida, o trajeto para o edifício 1 é consideravelmente mais longo e para chegar à porta de entrada do edifício o tempo médio encontra-se próximo dos três minutos.



Figura 15 - Layout dos edifícios da Lidergraf

Na Tabela 12 apresenta o tempo médio, por elemento da manutenção para realizar o percurso da oficina até à porta de entrada do edifício 1. A diferença de tempos não é muito significativa, resultando apenas em 6 segundos entre os picos de tempo num único trajeto.

Tabela 12 - Tempo médio entre edifícios da equipa de manutenção

<b>Técnico</b>	<b>Tempo médio entre edifícios</b>
Técnico A	175 Segundos
Técnico B	172 Segundos
Técnico C	169 Segundos
Técnico D	173 Segundos

### **3.4.3. Manutenção preventiva e autónoma**

Como referido anteriormente a manutenção corretiva é um processo incorporado na Lidergraf por vastos anos, assumindo-se como resposta imediata a falhas. No entanto, a manutenção preventiva assume igualmente um papel estratégico fundamental na organização, constituído um processo vital para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos, prevenir falhas e garantir a continuidade e eficiência da produção.

## Desenvolvimento

Na Lidergraf, a manutenção preventiva é efetuada tanto pela equipa de manutenção como pelos operadores dos equipamentos, através de práticas de manutenção autónoma. À equipa técnica cabem as intervenções mais complexas, normalmente com maiores exigências e com periodicidades mais alargadas. Por sua vez, os operadores são responsáveis pela execução de tarefas regulares, nomeadamente pequenas limpezas, limpezas gerais, algumas lubrificações, verificação visual de componentes e peças, controlo de níveis de óleo entre muitas outras que fazem parte do seu dia-a-dia.

Para apoiar a realização destas tarefas, cada equipamento está equipado com um computador para consultar de forma prática e intuitiva as tarefas que tem de efetuar nas próximas semanas, meses ou quiçá anos. Nesse computador encontram-se informações e procedimentos detalhados de como e quando realizar as tarefas necessárias, destacando-se os seguintes elementos:

**Zona da máquina:** Dada a complexidade e dimensões do equipamento estes encontram-se subdivididos em zonas específicas para facilitar a identificação do local de intervenção.

**Descrição da tarefa:** Indica o tipo de ação a realizar (limpar, inspecionar, lubrificar, substituir, etc.), bem como a peça ou componente alvo da intervenção.

**Informações complementares:** Contém notas relevantes para a execução da tarefa, alertando para cuidados a ter em atenção relacionados com a intervenção, como a segurança e proteções que necessitam de ter, lubrificantes que devem utilizar ou números de pontos onde devem atuar a ação.

**Periodicidade:** Define o intervalo temporal recomendado para a realização da tarefa, de acordo com o manual do fabricante ou com a experiência técnica e operacional.

**Manual digital:** Permite aceder, através de um botão à página correspondente do manual do fabricante, onde se encontram com imagens e instruções passo a passo, os procedimentos a seguir.

**Tempo estimado de execução:** Apresenta a duração prevista da tarefa a realizar. Para além disso, indica se a intervenção pode ser realizada com a máquina parada ou com a máquina em funcionamento permitindo otimizar tempo de operação e minimizar perdas produtivas.

Na Figura 16 está representado o ecrã com as informações acima referidas.

Data	Tarefa	Descrição da tarefa	Manual
<b>Bomba da tinta</b>			
2025-05-01 Mensal 00:00		Verificação de fugas nos veios das bombas da tinta de forma a prevenir derrames(BREF)	
<b>Desenrolador</b>			
2025-05-12 Semanal 00:02		Verificar funcionamento da barra de segurança Prioridade 1;	
2025-05-12 Semanal 00:20		Limpar ou substituir filtro de pó dos armários eléctricos e dos motores - 7 filtros Prioridade 1; EXECUTAR COM DESENROLADOR DESLIGADO; Assegurar a existência dos filtros cortados	
<b>Dobreira</b>			
2025-05-12 Semanal 00:00		Testar mudanças de formato Prioridade 1	
2025-05-01 Mensal 00:00		Lubrificar crasser da cama da delta Prioridade 1 Lubrificante: Polylub GA 352 P	
2025-05-01 Mensal 00:00		Verificar fugas de ar comprimido Prioridade 1	
2025-05-01 Mensal 00:00		Manutenção	

Figura 16 - Visualização das tarefas da manutenção preventiva dos operadores

Devido à manutenção preventiva ser vista como desperdício de tempo muitas vezes é suprimida pela produção, isto é, frequentemente as tarefas são adiadas ou não realizadas na periodicidade pretendida pelo fabricante da máquina, diminuindo a vida útil do equipamento e consequentemente a velocidade e qualidade de impressão. O adiamento sistemático das manutenções preventivas contribui para a diminuição do nível de qualidade do equipamento, o que leva a um possível aumento de pedidos de manutenção (manutenção corretiva) para reparar o equipamento de novo à sua normalidade. Isto gasta recursos, peças e tempos que são desprezados, mas no final podem ultrapassar os lucros que se geraram na produção.

Na Figura 17 está representado a percentagem de cumprimento das manutenções preventivas das máquinas de impressão, que são os responsáveis por um grande bloco das receitas da organização, no intervalo de tempo entre 2023 e 2025. A azul está representado os sistemas de impressão rotativa, correspondentes aos sistemas M600 e *Lithoman*, enquanto a laranja estão representados as máquinas de impressão *offset*. Verifica-se que o valor mais reduzido da taxa de cumprimento de preventivas corresponde ao sistema *Lithoman* igualado em percentagem com a *Speedmaster*, com o valor de 51% cumpridas, enquanto a rotativa M600 lidera com o melhor desempenho, 72% cumprido.

## Desenvolvimento

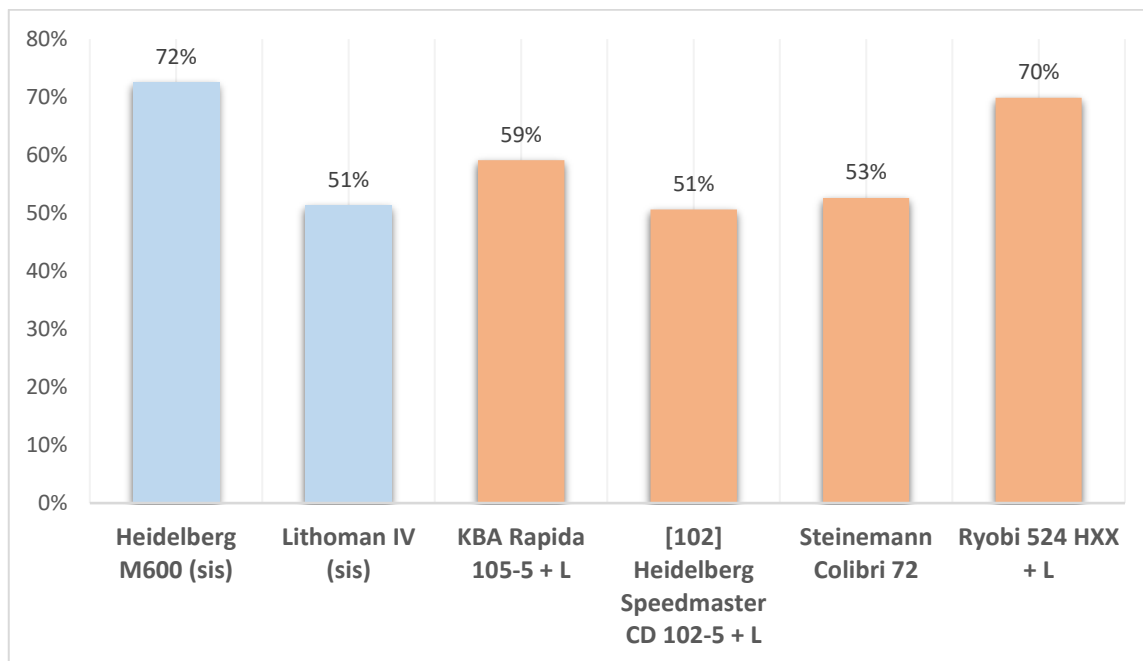


Figura 17 - Taxa de cumprimento de manutenções preventivas entre 2023 até 2025

Dentro das máquinas de impressão acima referidas, na Figura 18 encontra-se representada a quantidade de manutenções não realizadas pelos operadores em diversas periodicidades, nos anos de 2023, 2024 e 2025. Constata-se que as manutenções realizadas semanalmente são a maior parte das manutenções preventivas menos realizadas, com um total de 4144 manutenções não realizadas, dentro de uma amostra de 5303 preventivas.

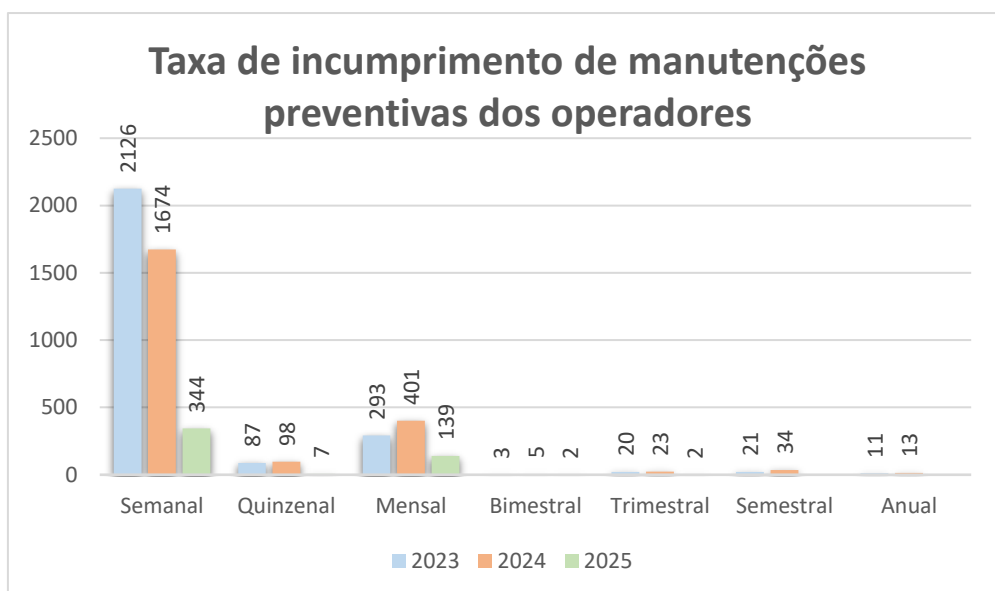


Figura 18 - Incumprimento das manutenções preventivas pelos operadores

### 3.4.4. Stocks

A gestão de *stocks* envolve um conjunto de atividades que inclui a receção, descarga, arrumação e conservação de artigos. Esta conservação pode incidir sobre matérias-primas, produtos em processo de fabrico ou produtos acabados, prontos para a distribuição. No caso da manutenção, a gestão de *stocks* assume um papel um pouco diferente, focando-se em peças consumíveis essenciais para assegurar o bom funcionamento dos equipamentos.

À primeira vista, poderá parecer vantajoso manter um *stock* considerável de artigos de manutenção, permitindo uma intervenção rápida e eficaz nos equipamentos. Porém, nem tudo são flores e a acumulação descontrolada de *stock* pode acarretar diversos custos para a Lidergraf. Entre os principais problemas está a obsolescência de artigos de baixa rotação, que permanecem longos períodos em armazéns, tornando-se eventualmente inutilizáveis devido de deterioração. Adicionalmente, a ocupação de espaço físico, seja interno ou alugado, representa um custo direto para a organização. A falta de visibilidade de certos artigos em *stock* pode levar ao seu esquecimento, contribuindo perdas escondidas de artigos, frequentemente apenas detetadas quando se revê o inventário ou numa auditoria.

A Figura 19 apresenta alguns exemplos de peças da Lidergraf com elevados níveis de deterioração, que em muitos casos já não se encontram em condições de serem utilizadas como uma substituição funcional.



Figura 19 - Peças com elevados níveis de deterioração

Deste modo torna-se essencial a organização eficiente do armazém, através da separação de artigos por tipologia, peso, frequência de utilização ou equipamento associado. Esta segmentação facilita o acesso, o controlo e a rotação adequada de matérias.

A Lidergraf utiliza um sistema informático, chamado B2B, que permite o registo de entradas, saídas e acertos de *stock*. Este sistema fornece informações como a localização das peças nas

## Desenvolvimento

prateleiras, o recurso associado, os fornecedores de aquisição, uma breve descrição dos artigos em causa e o seu *partnumber*, a quantidade existente em armazém e o respetivo preço de aquisição. Na Figura 20 constata-se um exemplo com estes parâmetros, retirado do sistema informático B2B.

<b>Artigo:</b>	092001613	<b>Recurso:</b>	(634) CTP Magnus VLF
<b>Part Number:</b>	TG-EBO20273	<b>Descrição PT:</b>	Roda dentada tapete do forno VLF
		<b>Descrição EN:</b>	COMPLETE DRIVING PINION
<b>Valor em Stock</b>	779,40 €	<b>Fornecedor:</b>	(2051) Auto-Grafica Manutenção e Serviços
<b>QTD em Stock</b>	12,00 UN	<b>Posição:</b>	P49

Figura 20 – Parâmetros de um artigo

Na Tabela 13 expõe alguns indicadores do estado inicial do *stock* de manutenção registado no sistema B2B. Apresenta o número de *partnumber* criados para os componentes, as quantidades de componentes existentes totais e o valor monetário atual do inventário.

Tabela 13 - Partnumber, artigos e valor monetário de stock de manutenção

<b>Nº de <i>partnumber</i> total</b>	2496
<b>Nº de <i>partnumber</i> c/<i>stock</i></b>	1660
<b>Nº de <i>partnumber</i> s/<i>stock</i></b>	836
<b>Quantidade de artigos em <i>stock</i> (Un.)</b>	15 449
<b>Valor de artigos em <i>stock</i> (€)</b>	501 667,4

Na Tabela 14 apresenta o valor de *stock* associado aos equipamentos. Verifica-se que as máquinas que apresentam um maior valor de inventário são a *Lithoman* e M600, ambas de impressão rotativa. A percentagem total destes dois equipamentos sozinhos equivale a três quartos do valor total, isto é, duas máquinas tem um peso em *stock* maior do que os outros 52 recursos da Lidergraf.

Tabela 14 - Top 3 dos ativos com mais valor em stock

<b>Máquina</b>	<b>Soma de Valor</b>	<b>Secção</b>	<b>% Face ao valor total em stock</b>
100 Rotativa Lithoman IV	211 963,03 €	Rotativa	42,8%
101 Rotativa Heidelberg M600	129 754,33 €	Rotativa	26,2%
234 Linha Revista Tempo 22	48 445,22 €	Acabamentos	9,8%

Na Figura 21 representa as fatias do valor monetário das secções da Lidergraf. Como referido acima o conjunto rotativa é a que apresenta o valor mais significativo, cerca de 73%.

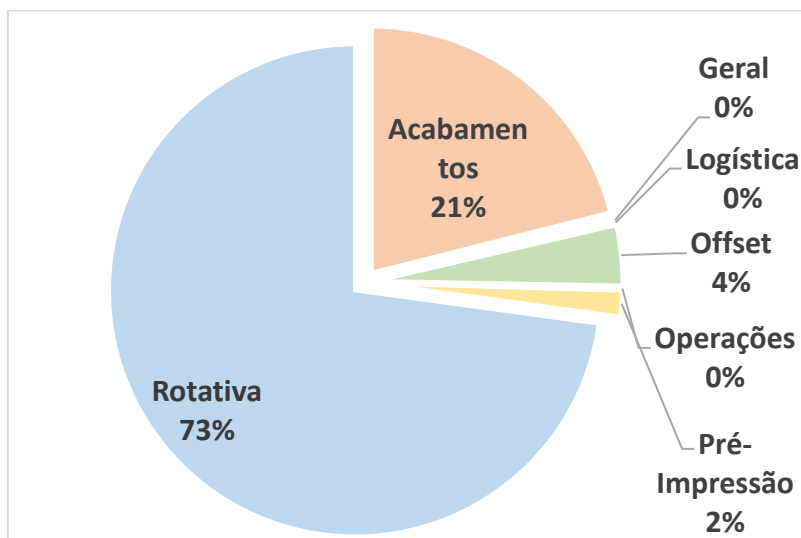


Figura 21 - Percentagem do valor monetário por secção

A gestão de *stock* é realizada pela equipa de manutenção e toda a entrada e saída de artigos corresponde ao comprometimento da mesma. Recursos novos, acarretam consigo artigos novos e a equipa tem de ser capaz de incorporar estes novos artigos no sistema B2B. Como o rendimento dos técnicos vem da melhoria dos ativos, este encargo de registo acaba por ficar em desuso. Reviu-se o número médio de dias que uma referência não tinha movimentações de todos os artigos criados, e verificou-se que os artigos ficam estacionados em média durante oito anos em *stock*. Se excluir as referências estacionárias em mais de 10 anos a média desce para seis anos e meio, e se excluir para 5 anos desce para dois anos. O número de dias médios de artigos estacionários é representado na Tabela 15.

Tabela 15 – Nº médio de dias dos artigos estacionários na Lidergraf

<b>Nº média de dias de artigos estacionários</b>	8.0 Anos
<b>Se excluir artigos com +10 anos</b>	6.4 Anos
<b>Se excluir artigos com +5 anos</b>	2.0 Anos

### 3.4.5. Identificação de problemas

No âmbito da metodologia *Action Research*, o primeiro passo para o desenvolvimento deste trabalho consistiu na observação direta das atividades da Lidergraf, com especial atenção à área da manutenção. Esta fase inicial teve como objetivo identificar e compreender os principais problemas que comprometem a eficácia das operações da manutenção. Após a análise dos dados, através do sistema B2B, revelou-se um número elevado de PedMan em atraso, refletindo-se em indicadores de desempenho negativos nesta área.

## Desenvolvimento

Perante esta realidade, foi realizada uma análise aprofundada às atividades desenvolvidas pela equipa de manutenção, com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria. Verificou-se, entre outros aspetos, uma desorganização na gestão de *stocks*, que tem contribuído para o aumento do tempo necessário à procura de peças e componentes, afetando negativamente a execução das intervenções.

Paralelamente, foi analisado o cumprimento da manutenção preventiva, com um foco especial na periodicidade da sua execução e nos procedimentos adotados. Constatou-se uma taxa de incumprimento significativa, indicando falhas no planeamento ou priorização das tarefas.

Com o acompanhamento da equipa de manutenção foi possível levantar alguns problemas. A Figura 22 apresenta um diagrama de *Ishikawa*, no qual se representa causas que contribuem para as dificuldades enfrentadas pela equipa de manutenção. Para melhor visualização encontra-se no apêndice A.

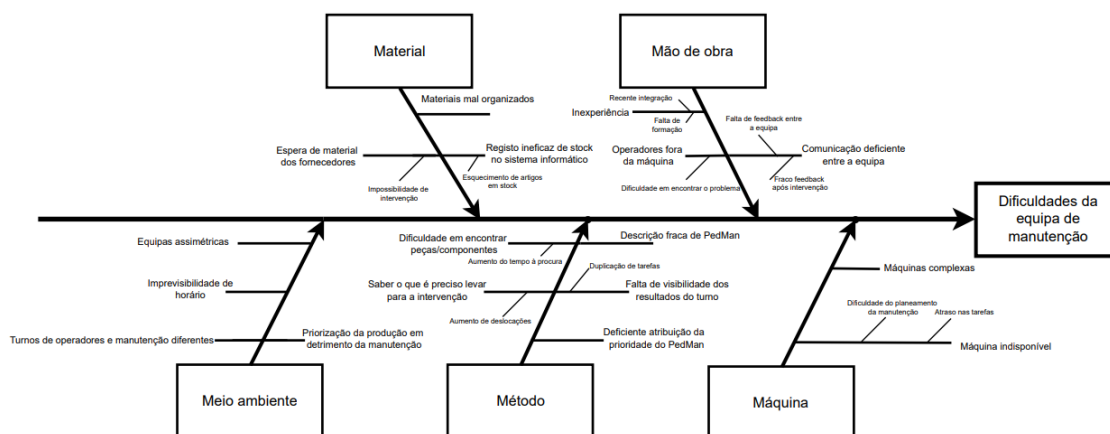


Figura 22 - Diagrama de Ishikawa relativo às dificuldades da equipa de manutenção

A categoria material refere-se principalmente à gestão, disponibilidade e organização das peças e ferramentas necessários às atividades de manutenção. Foi identificado que a desorganização do stock, associada ao registo por vezes inexistente no sistema informático no B2B, contribui para atrasos nas intervenções. Situações como esquecimento de artigos, espera prolongada de componentes por parte de fornecedores e a impossibilidade de intervir por falta de peças foram destacadas como fatores críticos que afetam a fluidez e eficiência das intervenções.

A mão-de-obra diz respeito aos recursos alocados à manutenção, incluindo competências, experiências e dinâmica de equipa. Constatou-se que a presença de técnicos na fase de integração limita a autonomia das intervenções. Adicionalmente, a ausência de operadores junto às máquinas dificulta a encontrar o local do problema, o que aumenta o tempo de execução da tarefa. A comunicação deficiente entre elementos da equipa e a ausência de feedback foram igualmente assinaladas como fatores de descoordenação interna, provocando a possibilidade de duplicação de tarefas.

O método está associado aos processos e práticas operacionais na gestão da manutenção. Verificou-se que muitos PedMan apresentam descrições vagas e incompletas, dificultando o diagnóstico e preparação das intervenções, o que leva a um aumento das deslocações dos técnicos. Com a fraca atribuição de prioridades por parte dos operadores, resulta numa gestão de recursos ineficaz, levando aos técnicos executar tarefas não prioritárias em primeiro lugar. Também se observou uma tendência para a priorização da produção em detrimento da manutenção, prejudicando o planeamento regular da manutenção.

A presença de máquinas complexas, associadas à falta do planeamento eficaz das intervenções, tem resultados em atrasos na execução de tarefas corretivas e preventivas. A indisponibilidade dos equipamentos para intervenção, devido à pressão da produção, constitui um obstáculo recorrente à manutenção.

No meio ambiente foram destacados aspetos como a existências de equipas assimétricas, a diferença de turnos entre operadores e técnicos de manutenção e a imprevisibilidade de horários, os quais dificultam a coordenação entre áreas.

As manutenções preventivas realizadas por parte dos operadores constituem um ponto de possível melhoria. Como referido no capítulo anterior existe uma quantidade elevada de manutenções preventivas que não são realizadas, o que provoca uma possível diminuição da vida útil dos equipamentos. A metodologia dos 5 porquês é uma ferramenta em que consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um problema ter ocorrido, a fim de descobrir as causas raízes. Durante o acompanhamento da manutenção preventiva realizada pelos operadores, surgiu a dúvida quanto as razões que justificam a elevada taxa de incumprimento.

Na Figura 23 apresenta os três principais fatores para a causa deste problema. O primeiro fator está relacionado com a incompetência técnica por parte dos operadores devido à deficiência a nível de apoio técnico e formação disponibilizada. O segundo fator diz respeito à ausência de planos de manutenção preventiva estruturados no sistema informático, que serve de referência para os operadores consultarem as intervenções preventivas de cada equipamento. Esta situação decorre sobretudo em equipamentos recentes na Lidergraf, que não tem planos de manutenção periódicos integrados no sistema. Por fim, destaca-se a priorização das atividades de produção, que impede ou adie as manutenções preventivas programadas. Esta prática reflete uma baixa sensibilização da equipa de produção para a importância das manutenções preventivas, sendo percecionada como uma atividade não crítica a curto prazo.

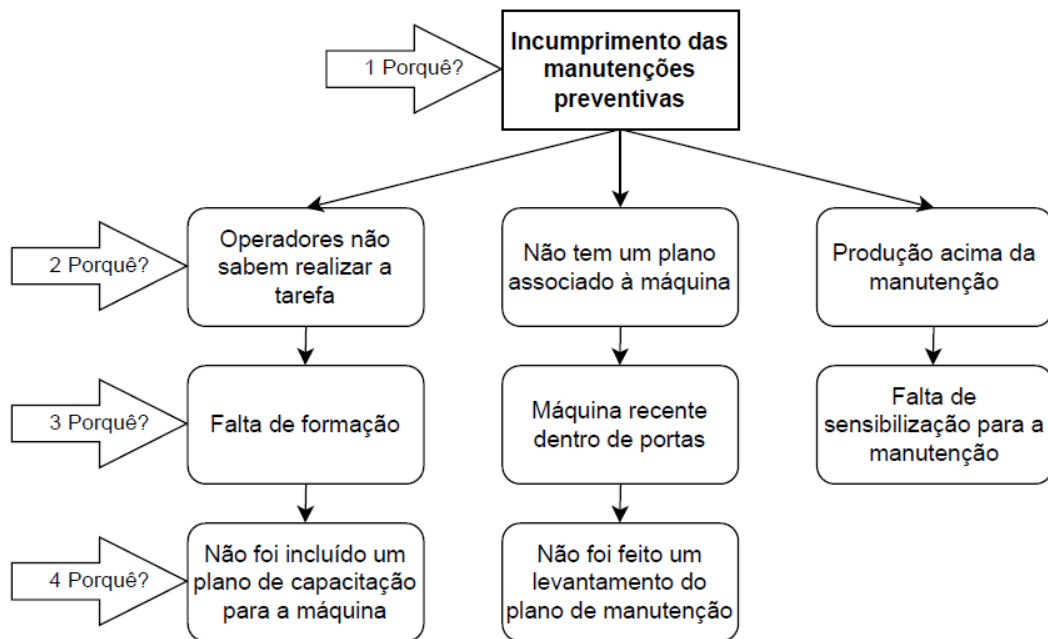


Figura 23 - Ferramenta 5 porquês relativos ao incumprimento das manutenções preventivas

Na Figura 24 é demonstrada uma árvore de problemas (Problem Tree) que permite estruturar as causas e consequências associadas à indisponibilidade de artigos de manutenção dentro dos *stocks*. No centro da análise encontra-se o problema identificado, referindo-se aos *stocks*. Correspondente à parte inferior da figura distribuem-se as causas identificadas, como a falta de controlo e a atualização dos *stocks* por parte da equipa de manutenção, que dificulta a fiabilidade da informação que se encontra no sistema B2B. A desigualdade do inventário físico com o informatizado, o que leva a possíveis tomadas de decisão incorretas. A desorganização do local, o que dificulta o acesso rápido a peças e componentes de *stock*. Peças e componentes armazenadas em prateleiras diferentes do sítio pretendido, que contribui para perdas de tempo a encontrar ou a necessidade de compra de novos artigos. A dependência de pessoas experientes para localizar peças, que enfatiza a necessidade contínua delas na organização.

Como efeitos visíveis da indisponibilidade de peças resulta na redução da eficiência da equipa de manutenção. Isso causa um aumento no tempo de paragem dos equipamentos que por sua vez tem impacto direto na diminuição da produtividade da organização.

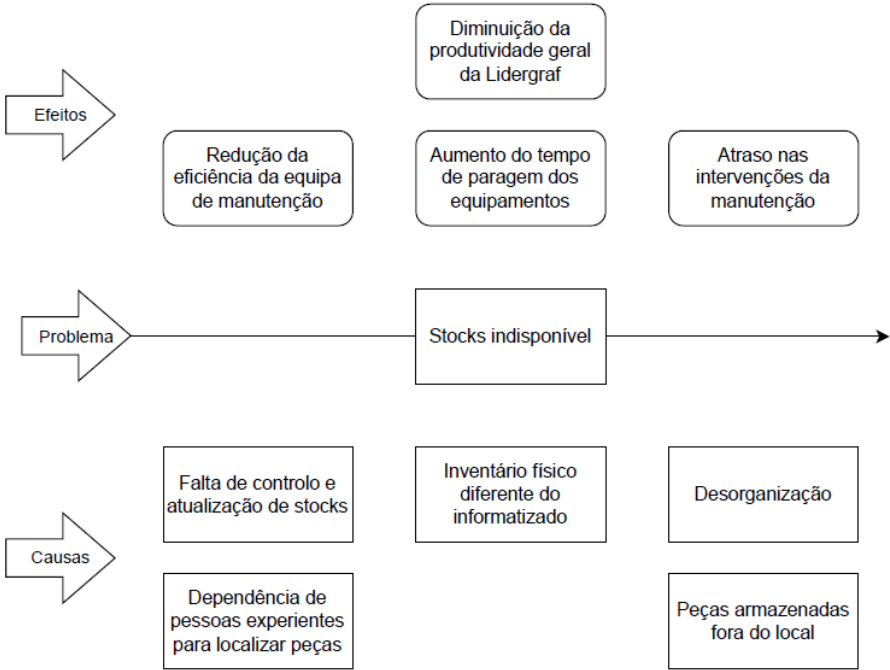


Figura 24 - Árvore de problemas relativos aos stocks indisponíveis



## 4. Propostas/ações de melhoria

Este capítulo corresponde à terceira etapa da metodologia *Action Research*, na qual são implementadas as ações de melhoria e apresentados os resultados obtidos com a aplicação dos conceitos teóricos.

### 4.1. Implementação de planos de manutenção preventiva

Um ponto crítico identificado nos problemas é a inexistência de planos de manutenção preventiva em determinados equipamentos. O que estes equipamentos tem em comum é o facto de serem aquisições recentes na Lidergraf. A ausência de planos preventivos tem como consequência o aumento do risco de falhas inesperadas, paragens não planeadas, e, por conseguinte, a diminuição da eficiência operacional dos ativos.

Este cenário evidencia uma necessidade urgente de implementar planos de manutenção preventiva adequados às especificidades de cada ativo. Foi realizada a abordagem de planos para três equipamentos de impressão *offset*, dois deles com a impressão a cores (CMYK) e um com impressão a preto e branco.

Numa fase inicial, procedeu-se à revisão do plano de manutenção preventiva fornecido pelo fabricante da máquina. Simultaneamente, analisaram-se planos já implementados em outras máquinas *offset*, com o objetivo de obter uma melhor compreensão de como estavam elaborados os planos em equipamentos semelhantes. Esta análise foi complementada com a observação e com a gestão visual do funcionamento dos equipamentos em que se pretendia implementar o plano preventivo.

Para a realização dos planos de manutenção autónoma foi necessário seguir passos que contemplasse as seguintes informações:

- Recurso/Item: Qual o equipamento a intervir e a subparte do equipamento.
- Ação/Tarefa: A ação (limpar, verificar, substituir, etc.) e uma breve descrição do local da intervenção.
- Informação/Lubrificante: Informação opcional como o tipo de segurança a ter em conta ou o lubrificante a utilizar na intervenção.
- Caminho do manual/página de abertura: O caminho digital do manual e a página onde se localiza a descrição do manual do fabricante.

## Propostas/ações de melhoria

- Responsável: O responsável atribuído para a intervenção.
- Duração: O tempo previsto para a realização das tarefas preventivas.
- Periodicidade: O tempo entre tarefas de manutenção.

Na Figura 25 encontra-se dois exemplos de lubrificação completos das tarefas periódicas implementadas.

Recurso / Item	Tarefa / Duração da Intervenção hh:mm	Manual	Responsável
<b>Mensal</b>	<b>00:26</b>	<b>Máquina Parada 00:26</b>	
[111] Heidelberg Speedmaster SM 102-2 P Marginador	Alavanca de rolos / acionamento Lubrificante: kluber Lamora D68 Duração da intervenção: 00:10 Máquina Parada	C.1.7 Com manual Digital.	Impressão Offset
[111] Heidelberg Speedmaster SM 102-2 P Marginador	Roletes de avanço sincronizado Lubrificante: kluber Lamora D68 Duração da intervenção: 00:10 Máquina Parada	C.1.8 Com manual Digital.	Impressão Offset

Figura 25 - Exemplos de manutenções preventivas

Os planos criados foram, como referido anteriormente, para três equipamentos, sendo estes a máquina [109] SpeedMaster CD, [110] SpeedMaster CD e a [111] SpeedMaster SM. Como os ativos 109 e 110 são semelhantes o plano para estes dois recursos serão idênticos em quantidade de tarefas de manutenção preventiva.

A Figura 26 apresenta o número de tarefas preventivas criadas para as máquinas 109/110 SpeedMaster CD com um total de 128 tarefas implementadas. A maior quantidade de tarefas provém das tarefas semestrais, com um total de 42 tarefas. A periodicidade com o menor número são as anuais, com 25 tarefas respetivas.

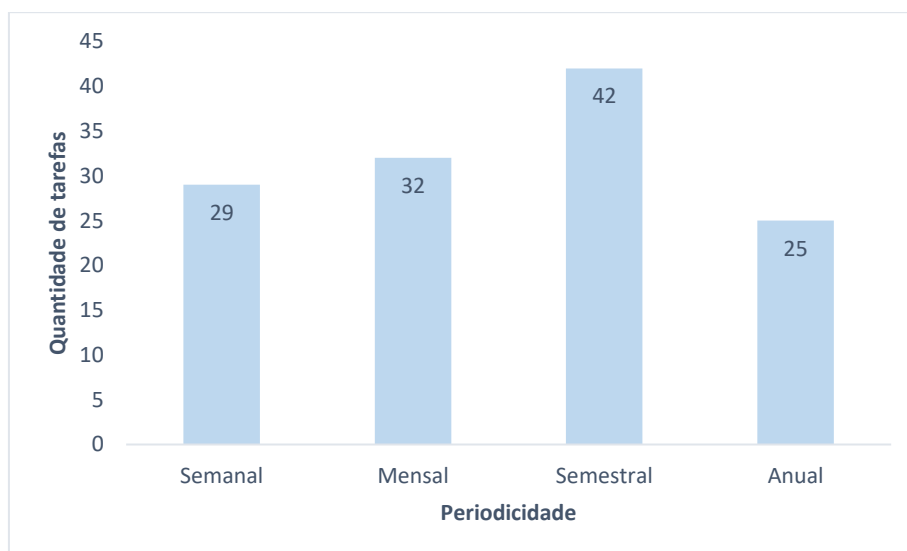


Figura 26 - Quantidade de tarefas versus a sua periodicidade nas máquinas 109/110 SpeedMaster CD

Para a máquina [111] SpeedMaster SM a periodicidade com mais tarefas permanece a semestral com um total de 19 tarefas preventivas criadas. Neste equipamento a quantidade de

tarefas anuais decresce para três manutenções preventivas e as manutenções preventivas implementadas totais equivalem a 47 tarefas. Estes dados são representados na Figura 27.

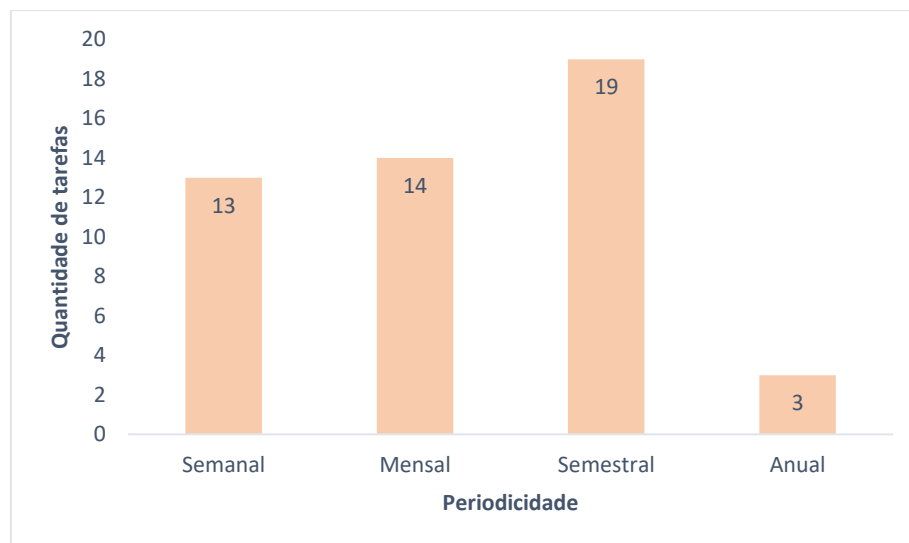


Figura 27 - Quantidade de tarefas versus a sua periodicidade na máquina 111 Speedmaster SM

Numa fase final, a equipa de manutenção realizou a revisão do plano de manutenção. Reviu o plano preventivo estruturado, e corrigiu algumas gralhas existentes nos planos, como a atribuição incorreta de alguns lubrificantes, zonas da máquina que foram removidas e não há a necessidade de elaboração de tarefas para esses locais e uma má distribuição das tarefas pelos possíveis responsáveis dos equipamentos.

Com base nisto, é ilustrado na Figura 28 os responsáveis pelas tarefas preventivas associadas aos equipamentos 109/110 SpeedMaster CD, onde existe 3 grupos de responsáveis. A maioria das manutenções preventivas corresponde aos operadores, com um total de 119 tarefas. A qualidade e ambiente é o responsável com menos tarefas associadas, efetuando apenas uma tarefa preventiva.

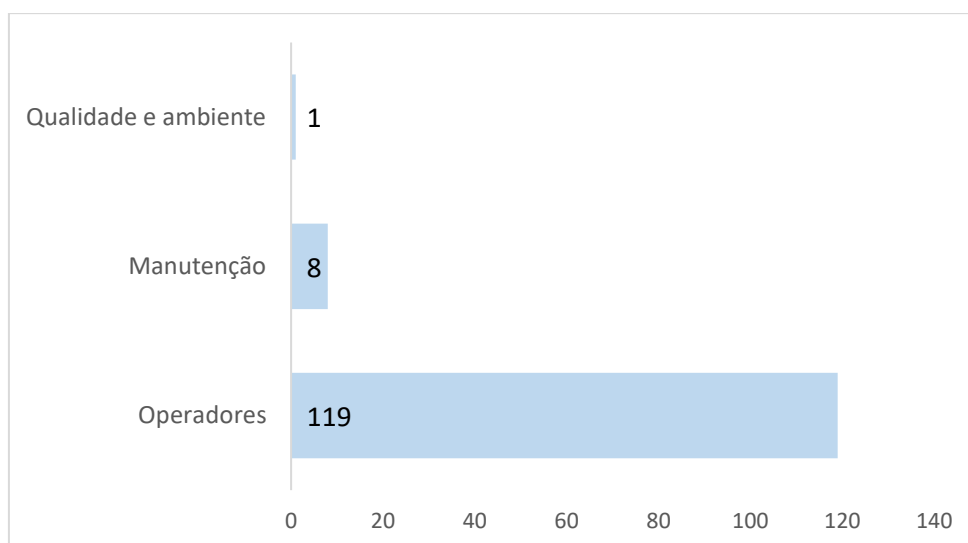


Figura 28 - Responsáveis e suas quantidades de tarefas atribuídas nas máquinas 109/110 SpeedMaster CD

Na Figura 29 apresenta a quantidade de tarefas atribuídas pelos quatro grupos de responsáveis da máquina 111 SpeedMaster SM. A maior parte das manutenções preventivas estão afetas aos operadores, com 44 tarefas. Por outro lado, a qualidade e ambiente, e os sistemas informáticos apenas realizam 1 tarefa, respetivamente.

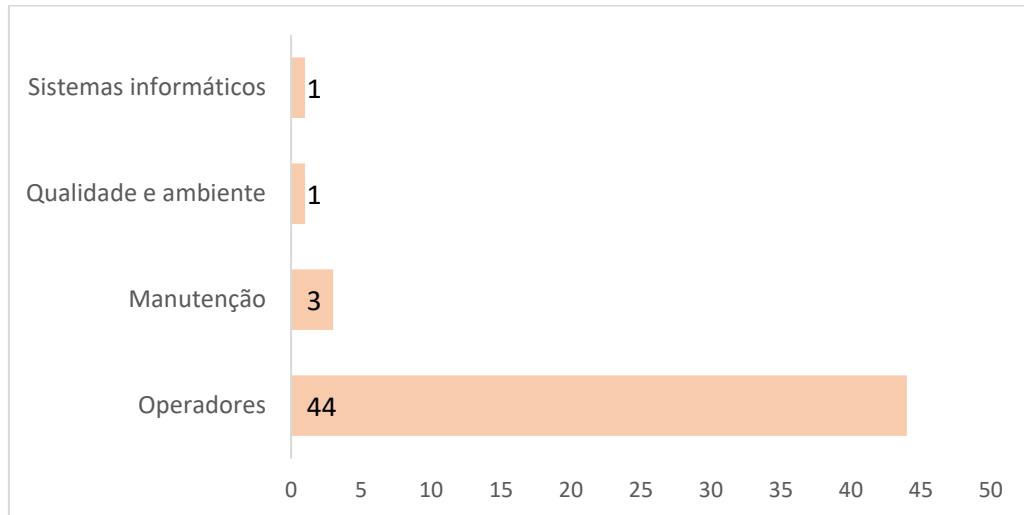


Figura 29 - Responsáveis e suas quantidades de tarefas atribuídas na máquina 111 SpeedMaster SM

As práticas desenvolvidas neste subcapítulo centram-se em dois pilares do TPM, a manutenção autónoma e a manutenção preventiva. A implementação dos planos permite o envolvimento dos operadores nas tarefas básicas de limpeza, lubrificação e entre muitas outras, contribuindo para a deteção atempada de possíveis anomalias. A manutenção preventiva possibilitou a definição de rotinas, atribuídas a vários responsáveis da Lidergraf, com o objetivo de prolongar a vida útil dos equipamentos e minimizar as falhas imprevistas. Ao envolver toda a organização na execução de tarefas rotineiras, reforçou-se não só a experiência prática das equipas executantes, como também se promoveu a uma maior eficiência na gestão interna.

## 4.2. Redução dos desperdícios das atividades da equipa de manutenção

A eficiência das atividades de manutenção depende da execução das tarefas realizadas, mas também da forma como os recursos são geridos. Com frequência, a equipa de manutenção da Lidergraf desenvolve rotinas, que embora bem-intencionadas, incorporam desperdícios que passam despercebidos no seu quotidiano. A identificação e eliminação destes desperdícios é um passo crucial para a melhoria contínua dos processos da manutenção.

Entre os diferentes tipos de desperdício identificados, os deslocamentos desnecessários destacam-se como a principal fonte de ineficiência. No estudo realizado à equipa de manutenção, ilustrado na Figura 30, verificou-se que, em média, 10% do turno de trabalho é despendido em deslocações.

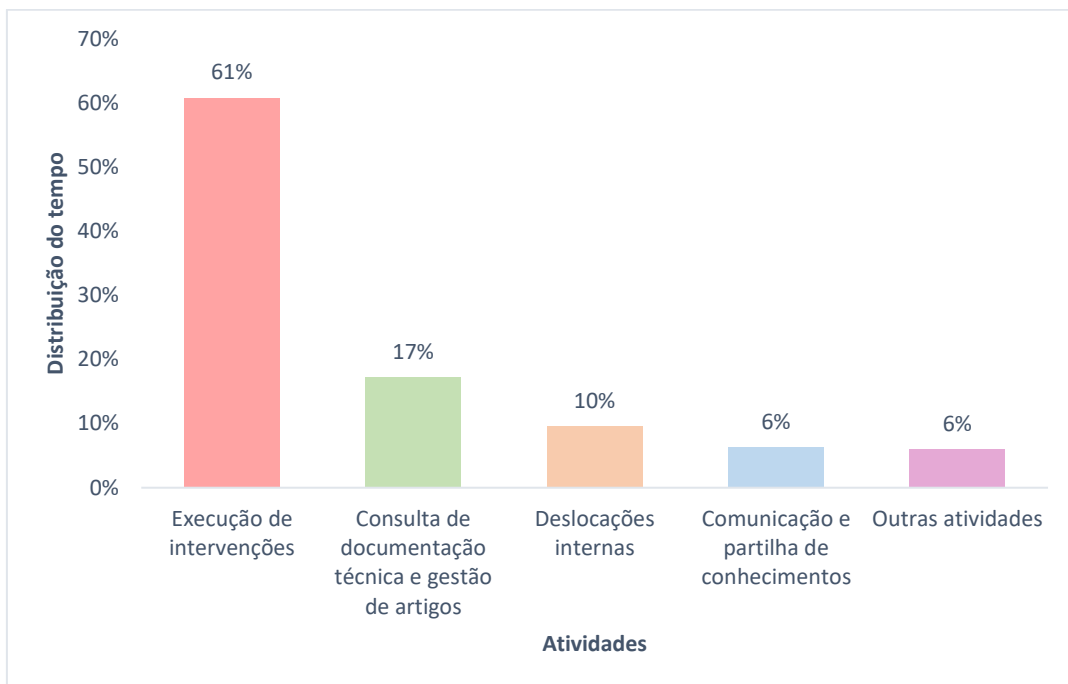


Figura 30 - Média do tempo despendido pelas atividades da equipa de manutenção

Estes 10% de tempo em deslocações representa uma ineficiência anual de aproximadamente 200 horas por trabalhador, o que, numa equipa de quatro elementos, se traduz num total de 800 horas por ano alocadas exclusivamente a deslocações. Por conseguinte, essas 800 horas também se fazem sentir na produção, visto que as intervenções de manutenção são adiadas, prolongando o tempo de inatividade dos equipamentos.

Para combater o excesso de deslocações realizadas pela equipa de manutenção realizou-se diagramas de esparguete para interpretar qual os movimentos efetuados e se existia a possibilidade de melhoria. Na Figura 31 representa um diagrama de esparguete realizado por um técnico de manutenção. As linhas com cor laranja por norma correspondem aos trajetos realizados na parte da manhã e as linhas a cor azul corresponde as movimentações efetuadas na parte da tarde. Caso os diagramas apenas apresentem a cor laranja, o estudo pode ter sido realizado apenas na parte da manhã ou da tarde.

No apêndice B até ao apêndice O estão representados os diagramas de esparguete realizados no ambiente de estágio.

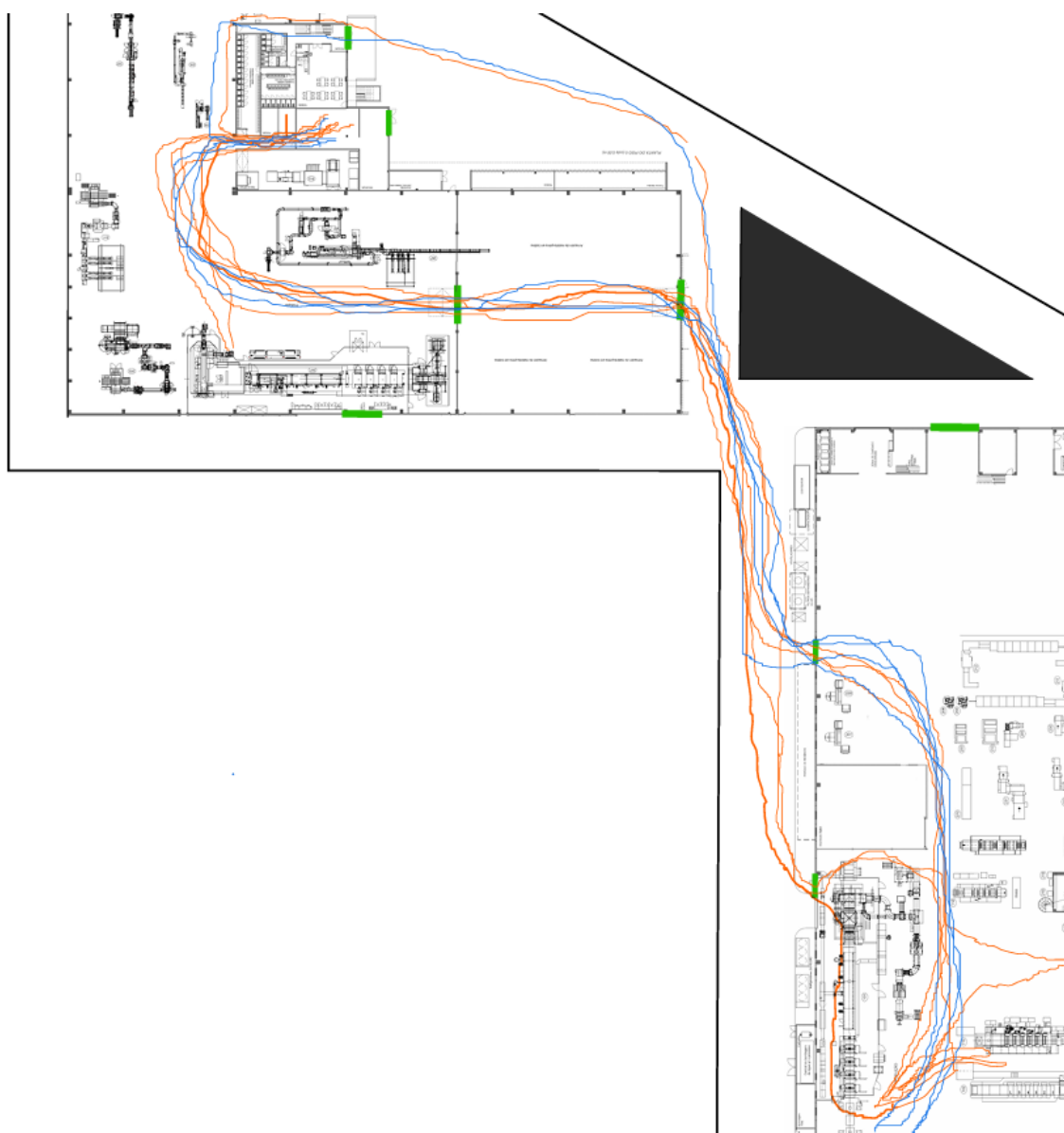


Figura 31 - Diagrama de esparguete de um técnico

Conforme ilustrado na Figura 32, existem atualmente dois percursos distintos utilizados pela equipa de manutenção para se deslocar entre o edifício 1 e o edifício 2 (onde se localiza a oficina).

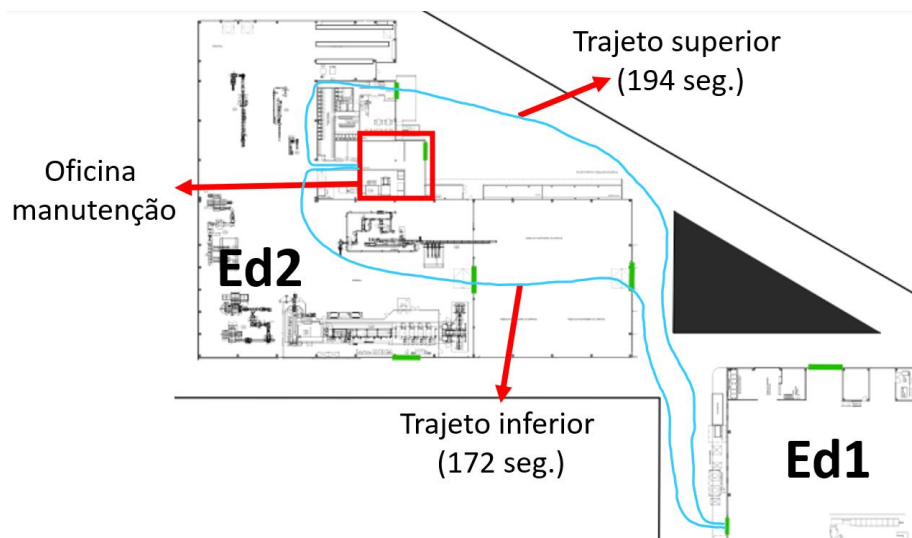


Figura 32 - Representação gráfica dos 2 trajetos

Após a análise, verificou-se que um dos trajetos apresenta uma maior eficiência temporal. O percurso inferior revela um tempo médio estimado de 172 segundos, ao passo que o percurso superior tem uma média de 194 segundos. Esta diferença traduz-se num desperdício de 22 segundos sempre que é escolhido o percurso menos eficiente.

Dado que estes trajetos são realizados diversas vezes ao longo do dia, tal diferença impacta negativamente o desempenho global da equipa de manutenção. Acompanhou-se os quatro técnicos durante duas semanas, e verificou-se a quantidade média de deslocações efetuadas por técnico até à finalização de uma intervenção. Constata-se na Tabela 16 que o mecânico D realiza o maior número de deslocações por PedMan (2,13 viagens), ao passo que o mecânico C é o mais eficiente na realização de PedMan, com média de 1,93 deslocações por PedMan.

Tabela 16 - Total de viagens até finalização de um PedMan

Mecânico	Total PedMan	Viagens	Viagens por PedMan
Mecânico A	10	20	2,00
Mecânico B	10	20	2,00
Mecânico C	15	27	1,93
Mecânico D	8	17	2,13

A comparação da utilização do percurso superior e inferior encontra-se demonstrado na Figura 33. Revela-se que todos os quatro elementos tendem a escolher o trajeto superior, sinalizando uma clara oportunidade de melhoria. O mecânico D apesar de ser eficiente no trajeto escolhido (92% na escolha do trajeto inferior) é simultaneamente o que mais deslocações tem por PedMan, o que levanta questões sobre a sua real eficiência. O mecânico C tem o pior desempenho, optando pelo trajeto superior 39% das vezes, contribuindo significativamente para um desperdício de tempo.

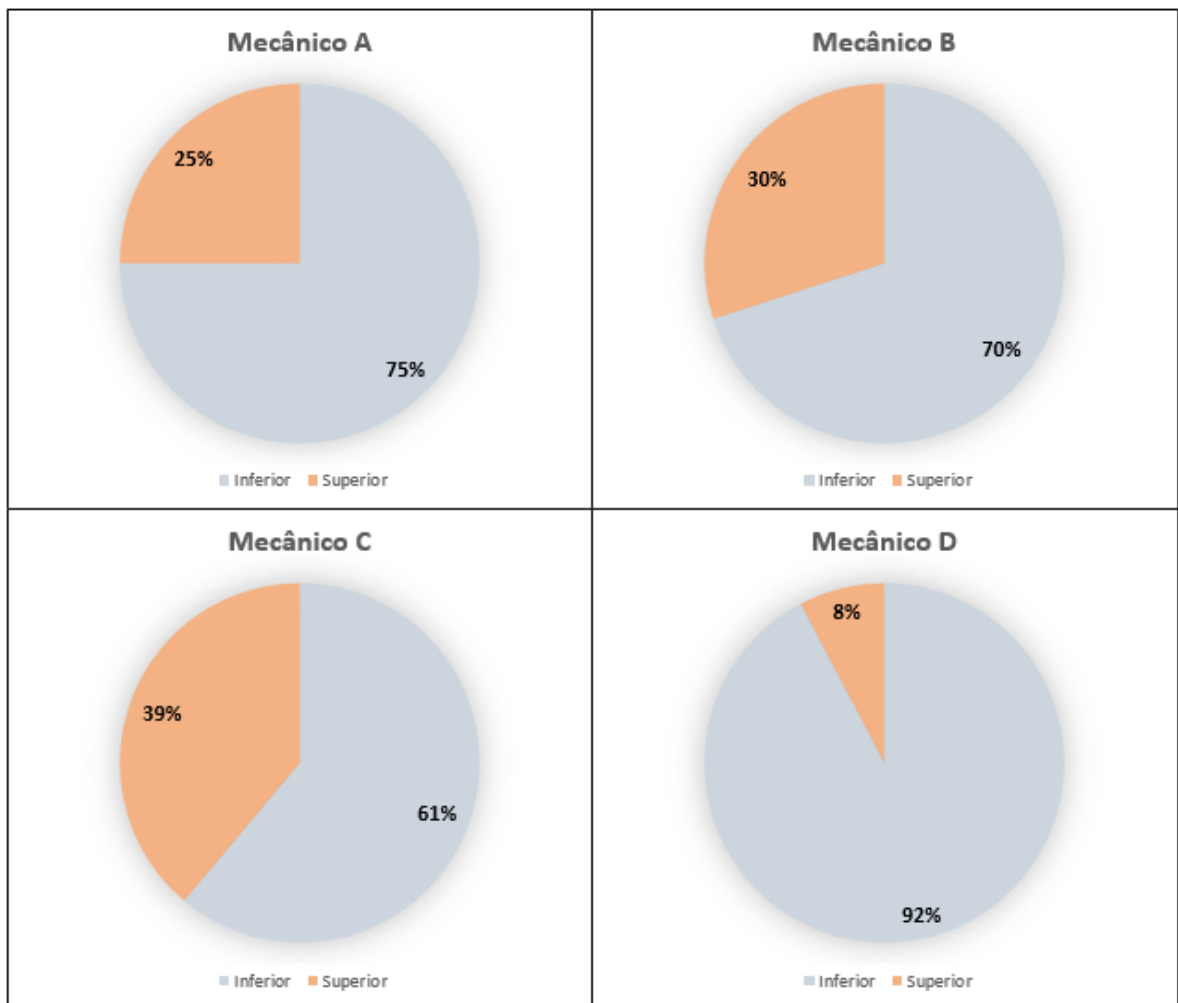


Figura 33 - Média dos trajetos superiores e inferiores efetuada pelos quatro mecânicos

Totalizando os quatro mecânicos a média da realização do trajeto superior é aproximadamente 25% das vezes, ou seja, 1 em 4 deslocações entre edifícios é efetuada pelo pior trajeto. Nas duas semanas de acompanhamento realizaram 74 viagens entre edifícios, o que perfaz 5,3 trajetos diários. Sabendo que 25% das vezes realizam o trajeto mais dispendioso conclui-se que 1,3 das viagens são realizadas pelo trajeto superior por mecânico, o que resulta em 5,3 deslocações diárias na soma dos quatro mecânicos.

Tendo em conta a diferença de 22 segundos entre os dois trajetos, a normalização do trajeto para o mais eficiente poderá traduzir-se numa poupança diária de 116,6 segundos na soma dos quatro técnicos. Utilizando o número de dias úteis do ano de 2024, de 253 dias, a poupança totaliza 8,2 horas na poupança entre os trajetos anualmente.

Uma proposta de melhoria adicional é a utilização de uma porta localizada no fundo da oficina de manutenção, que atualmente está em desuso. Esta solução permitiria a implementação de um novo percurso, ainda mais eficiente entre os dois edifícios. Na Figura 34 apresenta o trajeto otimizado com esta porta, evidenciando uma redução de 23 segundos em relação ao percurso inferior atual, e de 45 segundos face ao percurso superior.

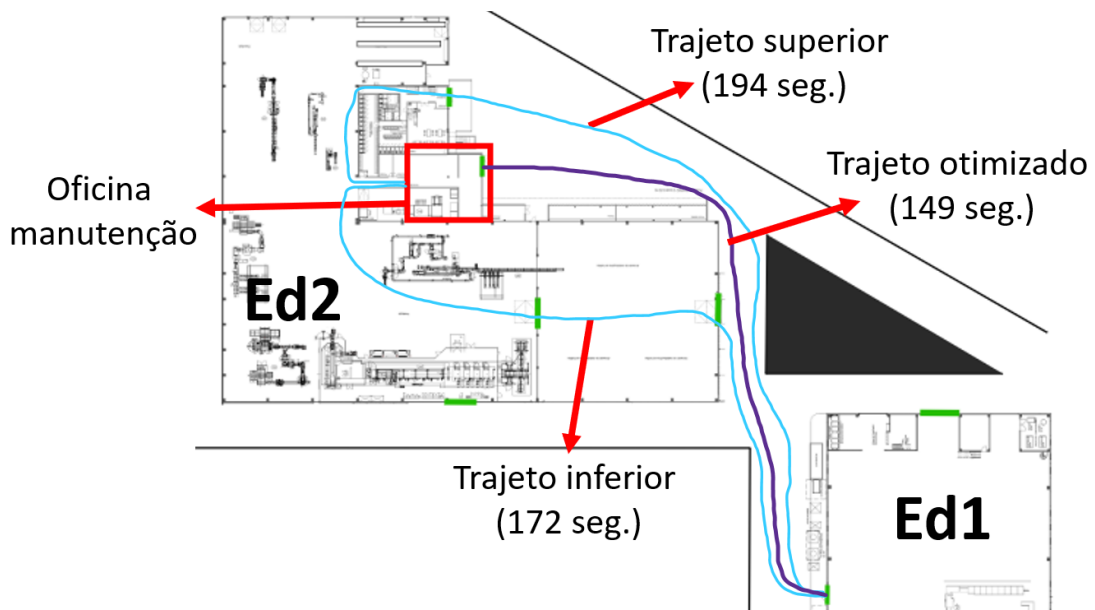


Figura 34 - Três trajetos possíveis da deslocação do edifício 1 para o 2

Com a média atual de 75% dos percursos realizarem-se por baixo e outros 25% efetuarem o trajeto superior, com uma média de 5,3 percursos efetuados por mecânico, estima-se uma poupança de 91,2 segundos quando comparado com o trajeto inferior e 59,5 segundos quando comparado com o percurso superior efetuado diariamente. O resultado diário da soma dos percursos médios efetuados com o número de elementos da equipa de manutenção é igual a 602,8 segundos usados de forma mais eficiente, caso a porta entre em uso contínuo pela equipa de manutenção. Anualmente o tempo ganho pelo uso da nova porta da manutenção entre os dois edifícios equivale a 42,4 horas.

A equipa de manutenção inicia a intervenção com a preparação do material e ferramentas necessárias. Contudo, foram identificadas falhas significativas ao nível do planeamento, o que obriga aos técnicos, em diversos casos, a solicitar ferramentas aos operadores ou, em situações mais graves, a regressar à oficina para recolher material em falta. Conforme evidenciado na Tabela 17, o técnico A é o responsável pelo maior desperdício de tempo em viagens com este propósito (30%), enquanto o técnico B apresenta o melhor desempenho (10%). A média do tempo desperdiçado entre os quatro técnicos é 18%. Diariamente o tempo dos quatro mecânicos resulta em 4,8 minutos em deslocações por não estarem totalmente preparados para o serviço. Anualmente sucede-se a 20,2 horas a deslocar-se para a oficina ou ao operador mais próximo para recolher ferramentas necessárias, o que provoca um adiamento na reparação do ativo.

Tabela 17 - Percentagem de tempo em deslocações relativas a esquecimento de ferramentas

Mecânico	Tempo total em deslocações (minutos)	Desperdício de tempo em deslocações (minutos)	Desperdício (%)
Mecânico A	98	29	30%
Mecânico B	61	6	10%
Mecânico C	128	16	13%
Mecânico D	98	18	18%

Uma oportunidade de reduzir estes desperdícios é a utilização de carrinhos de ferramentas pessoais. Estes equipamentos permitem o transporte eficiente e organizado de ferramentas, reduzem a necessidade de múltiplas deslocações, melhoram a segurança e ergonomia com a eliminação da carga das ferramentas e podem funcionar como bancadas de trabalho móveis. Esta medida contribui para a eliminação de perdas de tempo de preparação em cada intervenção, pois todas as ferramentas necessárias já constam no carrinho.

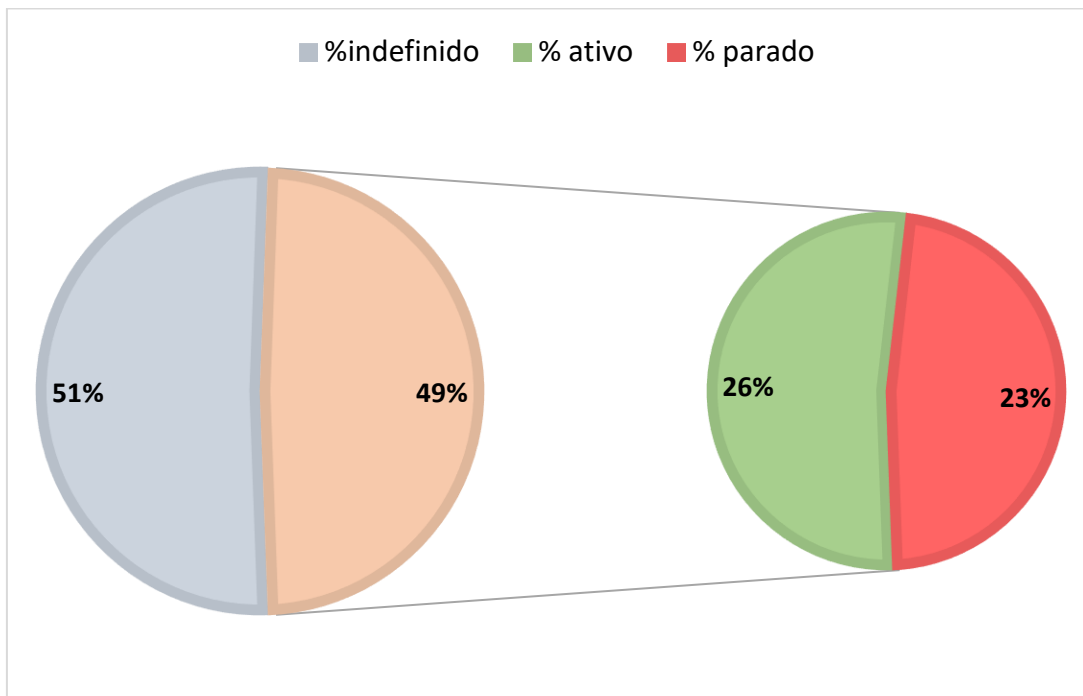
Analisou-se detalhadamente as ferramentas frequentemente esquecidas durante o acompanhamento dos técnicos. Desta análise, dividiu-se entre as ferramentas provenientes da oficina e proveniente dos operadores. A Tabela 18 demonstra as ferramentas onde houve falhas no seu planeamento. O conjunto da chave de Unbrako é a ferramenta que representa a maior falha por parte dos técnicos. A ferramenta que mais vezes foram recolher à oficina é a chave de fendas. Todas estas ferramentas, entre muitas outras, devem ser integradas nos carrinhos pessoais, de forma a reduzir o número de deslocações efetuadas.

Tabela 18 - Checklist de ferramentas não planeadas pelos mecânicos ao realizar PedMan

<b>Checklist de ferramentas e peças</b>			
<b>Proveniente dos operadores</b>	<b>Quantidade vezes</b>	<b>Proveniente da oficina</b>	<b>Quantidade vezes</b>
Chave Umbrako	5	Chave fendas	3
Lubrificante	4	Máquina furar	2
Chave bocas	4	Alicate	2
Panos	3	Caneta	1
Martelo	3	Lubrificante	1
Chave fendas	2	Componente eletrónico	1
Lanterna	2	Filme plástico	1
Alicate	2	Parafuso	1
Alicate pressão	2	Martelo	1
Pá limpeza	1	Luvas	1
Ponteira	1	Multímetro	1
Chave torque	1	Chave bocas	1
Alicate corte	1	Brocas	1

Durante a execução das intervenções técnicas, observou-se um comportamento passivo por parte de alguns operadores. Em muitos casos, os operadores mantêm-se inativos enquanto aguardam pela conclusão da intervenção, retomando as suas funções apenas após a resolução do problema. A Tabela 19 ilustra os comportamentos dos operadores. Em 51% das intervenções que se realizaram no acompanhamento dos mecânicos os operadores ou não se encontravam na máquina ou estavam fora de visibilidade, o que não foi contabilizado nesta avaliação, sendo caracterizados como indefinido. Dentro dos PedMan contabilizados (49%), as intervenções em que os operadores ajudavam ativamente os mecânicos ou outros colegas corresponde a 26%, enquanto mantem-se parados 23% das intervenções.

Tabela 19 - Atividade dos operadores quando tem os mecânicos a efetuar uma intervenção na máquina



Calculou-se o tempo estimado de inatividade dos operadores quando os mecânicos intervêm no equipamento, tendo em conta os 1335 PedMan, 253 dias úteis de 2024, a percentagem de inatividade dos operadores de 23%, a percentagem atribuída a execução das tarefas dos mecânicos de 61%, consoante ilustrado na Figura 30. O tempo ano gasto em intervenções equivale a 61% multiplicado pelas horas de trabalho e dias úteis, totalizando 1234,64 horas/ano. Sabendo que o tempo em que os operadores observam os mecânicos é de 23% os operadores passam aproximadamente 284 horas a observar os mecânicos. Assim surge a necessidade de sensibilização para a colaboração proactiva durante as intervenções, nomeadamente a possibilidade para a execução de manutenções preventivas em simultâneo. Com a sensibilização da execução da manutenção preventiva por parte dos operadores ou a preparação dos próximos *setups* com a simultaneidade da intervenção dos mecânicos no período correspondido a 284 horas, possibilita o avanço da produção e um aumento dos lucros da Lidergraf.

Consoante todos estas possíveis melhorias a Lidergraf consegue ter ganhos expressivos ao realizar pequenos ajustes na filosofia dos mecânicos e operadores. Na Tabela 20 apresenta os tempos estimados na melhoria das deslocações e na redução da passividade por parte dos operadores.

Tabela 20 - Diminuição dos tempos de deslocamento e sensibilização dos operadores para manutenção preventiva

<b>Melhorias</b>	<b>Tempos (Anuais)</b>
Com a normalização do trajeto	8,2 Horas
Com a utilização do trajeto inutilizado	42,4 Horas
Com a utilização de carrinhos de ferramentas	20,2 Horas
Realização de tarefas preventivas pelos operadores quando a máquina está a ser intervida	284 Horas

### 4.3. Sobremanutenção da manutenção preventiva

A manutenção é um requisito crucial nos dias de hoje para manter o bom funcionamento dos ativos das organizações. Porém, as manutenções preventivas e corretivas em demasia provocam desperdícios de pessoas, materiais e obriga a produção a estar parada.

Os manuais dos fornecedores dos equipamentos referem a periodicidade das manutenções preventivas estimada para que não ocorram problemas antecipadamente da máquina. Isto, por vezes, cultiva a execução de manutenções que não correspondem com a necessidade do equipamento, concedendo um número de manutenções a mais do equipamento. A periodicidade mencionada pelos fornecedores está associada com um funcionamento regular ao longo do seu uso. Isso não se revê no chão de fábrica das empresas devido às máquinas não operarem durante todo o dia, não trabalham com uma regularidade constante, nem com as velocidades normalizadas dos fabricantes.

Na Lidergraf não é diferente e a necessidade das manutenções programadas para todos os equipamentos podem estar em excesso, o que causa desperdício caracterizado como sobremanutenções. Para iniciar o processo avaliou-se a criticidade dos ativos, e constatou-se que o setor de impressão crítico é nos sistemas rotativos de impressão devido a ser o grande responsável pelo volume de produção. Trata-se também do setor onde se verifica a maior quantidade de manutenções planeadas. Na Figura 35 é representado um diagrama de Pareto, do ano de 2024, onde se verifica que a maior quantidade de manutenções programadas provém da rotativa Lithoman e da rotativa M600, respetivamente.

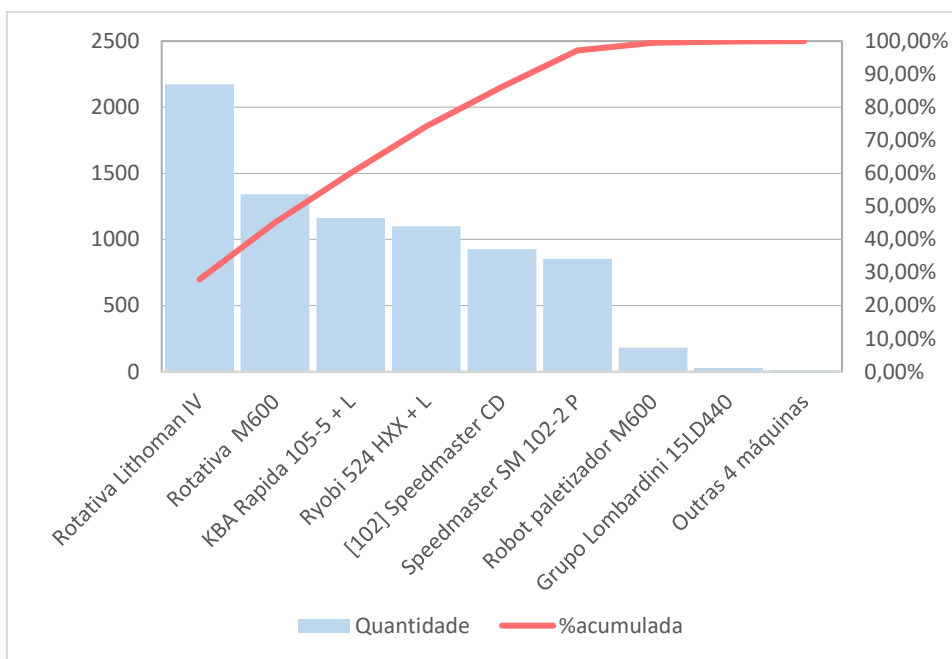


Figura 35 - Quantidade de manutenções programadas no ano de 2024 por equipamento

Relativamente aos PedMan sucedidos ao longo dos anos de 2023, 2024 e 2025, ilustrado na Figura 36, destaca-se que o ativo mais afetado é a impressão rotativa Lithoman com 307 PedMan ocorridos. Em segundo lugar encontra-se um recurso dos acabamentos, a Bolero 8, e na terceira colocação reaparece um recurso de impressão rotativa, a máquina M600. O conjunto destes três ativos juntos representam 27,6% dos PedMan da Lidergraf.

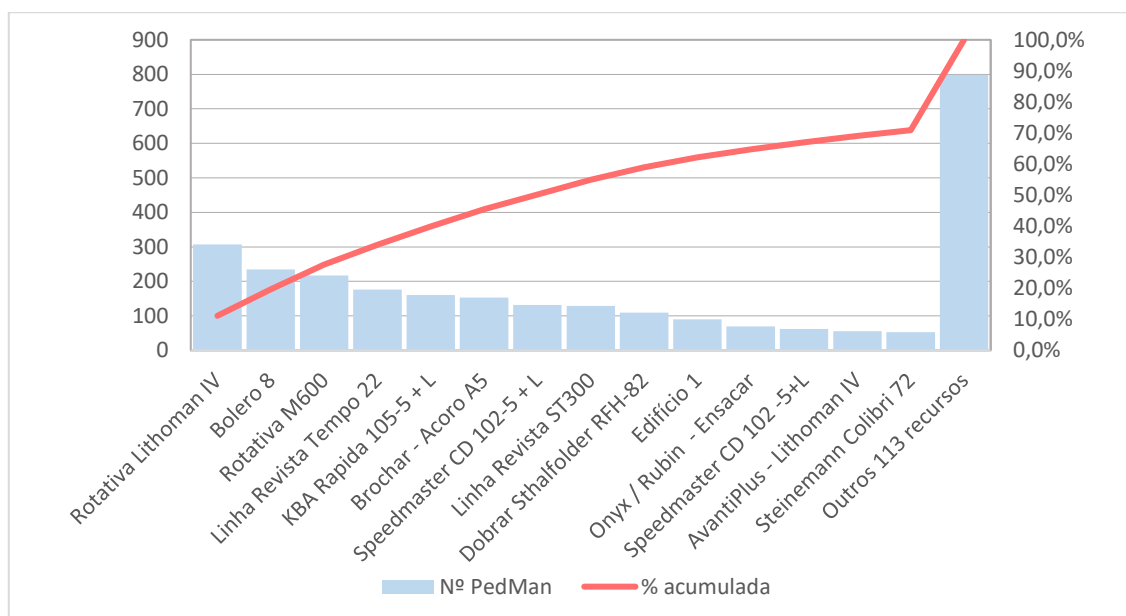


Figura 36 - Maior incidência de Pedman pelos recursos ao longo dos anos de 2023,2024 e 2025

## Propostas/ações de melhoria

Perante este número significativo de PedMan ocorridos ao longo dos anos agrupado a um número elevado de manutenções preventivas, procedeu-se à análise mais aprofundada das manutenções programadas, com o objetivo de encurtar o número de tarefas preventivas. Desta forma, avançou-se para uma análise detalhada dos equipamentos de impressão rotativa Lithoman e M600, com o intuito de estabelecer as reais necessidades de intervenções programadas, de forma a evitar a indisponibilidade dos ativos, otimizar os recursos e manter a fiabilidade.

Para efetuar a análise das manutenções preventivas dos equipamentos Lithoman e M600 teve-se em conta a taxa de incumprimento operacional e a correlação com os registos de PedMan descritos no sistema. Com estes pontos foi possível identificar padrões nas tarefas preventivas que não apresentavam impactos significativos na fiabilidade dos equipamentos.

Na Tabela 21 é representada a taxa de cumprimentos das tarefas preventivas do equipamento Lithoman realizada pelos operadores pelas respetivas periodicidades. Nos anos de 2023, 2024 e 2025 a quantidade de manutenções preventivas totais são 4989 tarefas.

Tabela 21 - Taxa de cumprimento de tarefas preventivas relativas à sua periodicidade, da máquina Lithoman entre 2023 e 2025

<b>Periodicidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Taxa Cumprimento</b>
Semanal	2928	43,51%
Quinzenal	732	58,33%
Mensal	999	56,66%
Bimestral	14	78,57%
Trimestral	171	80,70%
Semestral	130	100,00%
Anual	15	100,00%
<b>Total Geral</b>	<b>4989</b>	

Na Tabela 22 é ilustrada a taxa de cumprimento das manutenções programadas da máquina M600 efetuada pelos operadores dentro das 3012 tarefas registadas, subdivididas pelas suas periodicidades. Entre 2023 e 2025 a quantidade prevista de manutenções preventivas é de 3012 tarefas.

Tabela 22 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas relativas à sua periodicidade, do equipamento M600 entre 2023 e 2025

<b>Periodicidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Taxa Cumprimento</b>
Semanal	2020	71,78%
Mensal	930	72,37%
Trimestral	9	88,89%
Semestral	50	100,00%
Anual	3	100,00%
<b>Total Geral</b>	<b>3012</b>	

Verifica-se que dentro das periodicidades mencionadas, as que apresentam uma taxa de cumprimento mais baixas nos dois ativos são as semanais, quinzenais e mensais, ou seja, o estudo de correlação entre o não cumprimento das manutenções preventivas e dos PedMan registados somente se consegue realizar com exatidão nestas periodicidades.

O próximo passo foi avaliar os PedMan nos sistemas da Lithoman e M600. Esta avaliação consistia na separação da máquina em partes e associar o descritivo realizado pelos operadores a essa secção da máquina.

Na Tabela 23 exhibe quatro exemplos do processo de relacionar o descritivo do PedMan com a secção da máquina. Inicialmente só possui o assunto e a descrição realizada pelo operador. De seguida, agrupou-se em qual zona da máquina foi afetada assim como o problema associado à descrição realizada pelo operador.

Tabela 23 - Processo de relacionamento da descrição efetuada pelo operador com a zona e problema da máquina

<b>Assunto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Zona da máquina</b>	<b>Problema</b>
Dobradeira	Rolamento danificado de uma correia na dobradeira	Dobradeira	Rolamento
Estufa	Está a dar erro "pressão ar arrefecimento"	Estufa	Erro de pressão
Stacker	Tapete de saída do stacker a fazer um barulho.	Stacker	Tapete
Vits	Rodas que encosta ao papel desencostam em andamento	Vits	Rodas de encosto

Este processo repetiu-se para todos os PedMan de 2024 das duas máquinas (Lithoman e M600). Na Figura 37 apresenta as secções do equipamento Lithoman que foram relacionadas com os PedMan. Dentro dos 341 PedMan analisados 75 pertencem à secção das unidades de impressão.

## Propostas/ações de melhoria

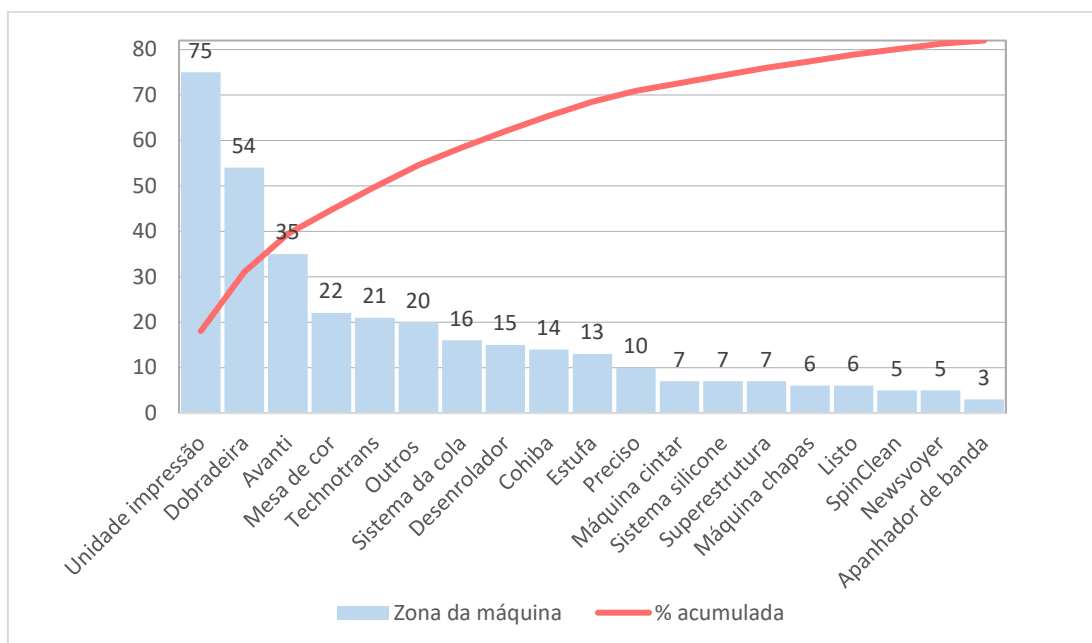


Figura 37 - Quantidade de PedMan registados relacionados com zona da máquina Lithoman

Na Figura 38 refere a zona da máquina afetada relacionado com os PedMan da máquina M600 em 2024. Dos 104 PedMan registados, 25 estão relacionados com problemas nas unidades de impressão.

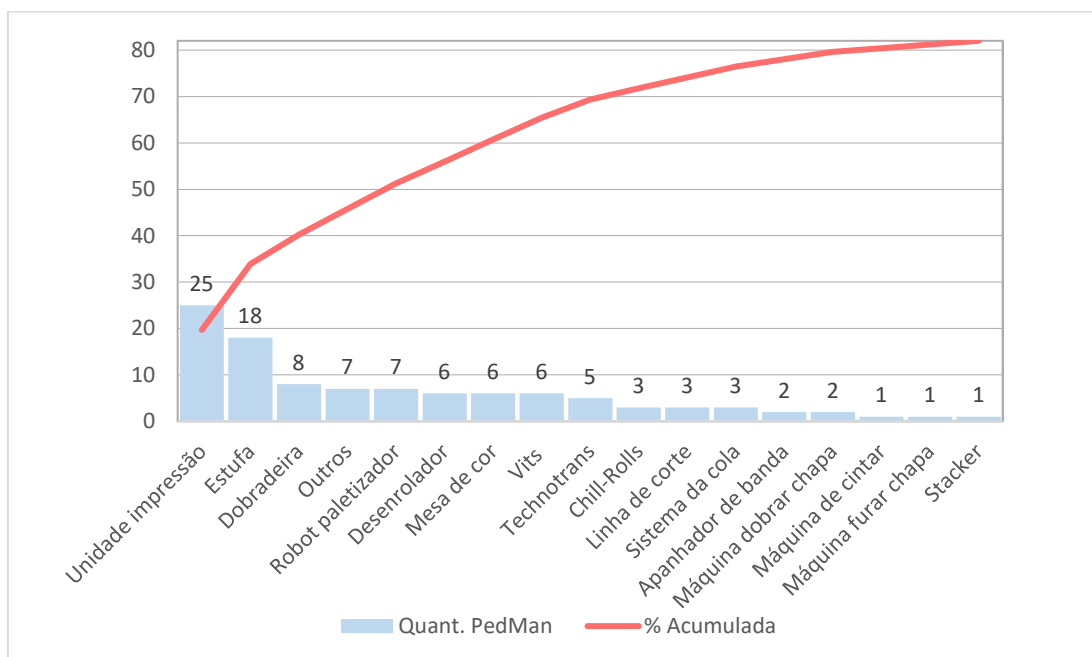


Figura 38 - Quantidade de PedMan registados relacionados com a zona da máquina M600

Com o relacionamento dos PedMan concluído consegue-se determinar qual as zonas da máquina que foram mais e menos afetadas e desta forma alterar a periodicidade das tarefas que não correspondem com os problemas identificados.

Posteriormente, realizou-se uma reunião com os operadores das duas máquinas para perceber dentro das tarefas semanais, quinzenais e mensais quais delas poderiam alargar a periodicidade. A reunião serviu, através da experiência dos líderes de equipa, verificar qual das tarefas preventivas deveriam ou não ter a periodicidade alterada.

Na Tabela 24 é apresentado o número de tarefas preventivas existentes na Lithoman e quantas delas os líderes de equipa possibilitaram a alteração da periodicidade. Na globalidade das manutenções preventivas registadas, apenas 33 tarefas foram aceites para alterar a regularidade de execução.

Tabela 24- Manutenções preventivas existentes e a quantidade com possibilidade de alteração da periodicidade, da máquina Lithoman

<b>Periodicidade</b>	<b>Tarefas preventivas existentes</b>	<b>Possibilidade de alteração de periodicidade</b>
Semanal	23 Tarefas	11 Tarefas
Quinzenal	12 Tarefas	5 Tarefas
Mensal	35 Tarefas	17 Tarefas

Na Tabela 25 constata-se que das 52 tarefas preventivas realizadas no equipamento M600, apenas 21 tarefas tiveram aprovação da alteração da periodicidade por parte dos líderes de equipa.

Tabela 25 - Manutenções preventivas existentes e a quantidade com possibilidade de alteração da periodicidade, da máquina M600

<b>Periodicidad e</b>	<b>Tarefas preventivas existentes</b>	<b>Possibilidade de alteração de periodicidade</b>
Semanal	17 Tarefas	9 Tarefas
Quinzenal	0 Tarefas	0 Tarefas
Mensal	35 Tarefas	12 Tarefas

Para concluir a proposta será ainda sujeita a uma revisão pelos pilares principais responsáveis pelo funcionamento do equipamento, sendo esta a equipa de manutenção e o líder do planeamento. Realizou-se um quadro das tarefas preventivas cuja alteração da periodicidade foi aceite pelos líderes de equipa. Este quadro contempla o número da tarefa, a zona da máquina, a descrição da tarefa, a periodicidade atualmente exigida e a nova proposta de periodicidade.

Conforme referido anteriormente, as tarefas escolhidas para extensão da periodicidade apresentam uma taxa de incumprimento considerável. A análise destes dados, quando correlacionada com os pedidos de manutenção registados em anos anteriores, permite reunir uma base histórica consistente de dados reais que indicam potencial para a alteração justificada da periodicidade. Na Figura 39 e na Figura 40 ilustram as tarefas alusivas com as propostas para alargar a periodicidade dos equipamentos Lithoman e M600, respetivamente. Na proposta

## Propostas/ações de melhoria

refere qual a periodicidade atual e a nova proposta, bem como os PedMan relacionados com a tarefa.

Tarefa	Zona da Máquina	Descrição da Tarefa	% Cumprimento 2023-2025	Proposta atual	Nova Proposta	PedMan relacionados
1	Avanti	Limpar e substituir (se necessário) os filtros do quadro eléctrico	45,1%	Semanal	Mensal	0
2	Desenrolador	Verificar funcionamento da barra de segurança	49,2%	Semanal	Bimestral	0
3	Dobradeira	Testar mudanças de formato	4,9%	Semanal	Mensal	0
4	Estufa	Limpar sensores da segurança da porta	50,8%	Semanal	Mensal	0
5	Listo	Correias (E e F) e substituir se necessário.Efectuar limpeza:Limpar esteiras de transporte na saída (K) e saída de emergência	46,7%	Semanal	Mensal	1
6	Listo	Correias de transporte e substituir se necessário. (A;B;C e D). Efectuar limpeza.	46,7%	Semanal	Mensal	1
7	Preciso	Filtros dos armários eléctricos;Limpar Célula de activação do ar comprimido	45,9%	Semanal	Quinzenal	0
8	SpinClean	Limparinterruptor do tanque da bomba (Ver S30.LPP.35)	46,7%	Semanal	Quinzenal	0
9	SpinClean	Limparinterruptor do tanque de sedimentação (Ver S30.LPP.35)	46,7%	Semanal	Quinzenal	0
10	Superestrutura	Lubrificar rolos de tracção, corte e do funil	39,3%	Semanal	Quinzenal	0
11	Superestrutura	Lubrificar transmissão do rolo do funil	39,3%	Semanal	Quinzenal	0
12	Avanti	Micros das portas e Barreiras de Segurança	68,85%	Quinzenal	Mensal	1
13	Avanti	Verificar o funcionamento do micro de encravamento nos rolos de pressão	68,85%	Quinzenal	Mensal	0
14	Dobradeira	Verificar nível da bomba de lubrificação central de massa	50,82%	Quinzenal	Mensal	0
15	Dobradeira	Verificar nível de óleo da dobradeira	50,82%	Quinzenal	Mensal	2
16	Estufa	Limpar grades dos ventiladores	45,90%	Quinzenal	Mensal	1
17	Avanti	Filtros do quadro eléctrico (substituir se necessário)	55,56%	Mensal	Mensal	0
18	Avanti	Verificar Correias de transporte e substituir se necessário	62,96%	Mensal	Bimestral	3
19	Cohiba	Aperto dos parafusos, reaperta-los;Rolos da mesa de rolos; Correntes e rodas dentadas	62,96%	Mensal	Bimestral	0
20	Desenrolador	Verificar fugas nos cilindros de ar do compensador	62,96%	Mensal	Bimestral	4
21	Desenrolador	Verificar o sistema de aberta, limpar e lubrificar o eixo das bobines	62,96%	Mensal	Bimestral	0
22	Dobradeira	Verificar fugas de ar comprimido	55,56%	Mensal	Bimestral	0
23	Forte	Cabeça de Laser dos 2 lados cabeça e reflector com pano macio e seco (efectuar diariamente); Limpar todas as correias de transporte e substituir se necessário. (C,D,E,F,G)	51,85%	Mensal	Bimestral	0
24	Forte	Limpar e lubrificar os veios roscados da cesta.	51,85%	Mensal	Bimestral	0
25	Forte	Limpar e verificar correias (H e J) substituir se necessário. Limpar e verificar esteiras de transporte na saída (K) e saída de emergência	51,85%	Mensal	Bimestral	0
26	Forte	Limpar filtros do quadro eléctrico (A e B) substituir se necessário.	51,85%	Mensal	Bimestral	0
27	Forte	Limpeza geral da máquina com ar comprimido;Testar todas as botoneiras de STOP de emergência. Se NOK, fazer pedido à manutenção (PedMan); Testar todos os micros de segurança: (abrindo as portas a máquina tem de parar). Se NOK, fazer pedido à manutenção (PedMan)	51,85%	Mensal	Bimestral	0
28	Listo	Testar todos os micros de segurança: (abrindo as portas a máquina tem de parar). Se NOK, fazer pedido à manutenção (PedMan)	62,96%	Mensal	Trimestral	1
29	Listo	Verificar amortecedores da protecção superior e tapete de entrada	62,96%	Mensal	Bimestral	0
30	Preciso	Botões de emergência e micros das tampas. Se NOK, fazer pedido à manutenção (PedMan)	62,96%	Mensal	Trimestral	1
31	Superestrutura	Limpar o pó dos motores de accionamento	55,56%	Mensal	Bimestral	0
32	idade impressã	Grades de segurança Verificar funcionamento e limpar	51,85%	Mensal	Trimestral	0
33	idade impressã	Verificação dos níveis de óleo	55,56%	Mensal	Bimestral	0

Figura 39 - Descrição das tarefas e as propostas de alteração da periodicidade do equipamento Lithoman

NºTarefa	Item	Tarefa	% Cumprimento 23-25	Proposta atual	Nova Proposta	PedMan relacionados
1	Apanhador de banda	Rolos do módulo - 2 rolos C e D e células A limpeza das células e espelho deve ser realizada com um pano humedecido com Solstar 7113	75,4%	Semanal	Quinzenal	0
2	Desenrolador	Limpar os filtros do pó dos ventiladores de arrefecimento dos armários e dos motores de corrente directa (motor do acumulador e debitor). Substituir se necessário	73,0%	Semanal	Quinzenal	0
3	Dobradeira	Verificar e acrescentar nível de massa da lubrificação centralizada	75,4%	Semanal	Quinzenal	0
4	Dobradeira	Verificar e acrescentar nível de óleo da lubrificação centralizada	75,4%	Semanal	Quinzenal	0
5	Estufa	Limpar filtros do pó do armário eléctrico, grelhas e portas	75,4%	Semanal	Quinzenal	0
6	Linha do corte e saída	Filtro do quadro eléctrico principal	76,2%	Semanal	Quinzenal	1
7	Paletizador	Testar funcionamento dos botões e limpar barreira de segurança em caso de mau funcionamento avisar a manutenção	66,3%	Semanal	Bimestral	0
8	Paletizador	Verificar fugas de ar, tubos, reguladores e engates rápidos . Em caso de existirem avisar a manutenção	54,7%	Semanal	Mensal	0
9	Unidade impressao	Limpar e lubrificar guias do autoplata	72,1%	Semanal	Eliminar	0
10	Apanhador de banda	Verificar afinação e contacto do rolo revestido	85,2%	Mensal	Bimensal	0
11	Desenrolador	Testar stops de emergência	85,2%	Mensal	Trimestral	0
12	Dobradeira	Testar stops de emergência e verificar estado e funcionamento das grades e portas de segurança	77,8%	Mensal	Trimestral	0
13	Estufa	Limpar Grelhas dos motores electricos	77,8%	Mensal	Trimestral	0
14	Estufa	Verificar as correias de transmissão dos ventiladores e limpar as grelha	81,5%	Mensal	Bimensal	0
15	Estufa	Verificar se existe sujidade nas barras de ar da estufa e limpar	81,5%	Mensal	Trimestral	0
16	Linha de corte e saída	CIVIEME - Trocar os filtros do quadro eléctrico	85,2%	Mensal	Eliminar	0
17	Linha de corte e saída	Correias de transporte	81,5%	Mensal	Bimensal	1
18	Linha de corte e saída	Correias dentadas dos discos	81,5%	Mensal	Bimensal	0
19	Linha de corte e saída	Discos de corte e contra discos	81,5%	Mensal	Bimensal	0
20	Paletizador	Limpar motores dos tapetes	36,4%	Mensal	Bimensal	0
21	Unidade Impressao	Testar stops de emergência e verificar estado e funcionamento das grades de segurança	81,5%	Mensal	Trimestral	1

Figura 40 - Descrição das tarefas e as propostas de alteração da periodicidade do equipamento M600

Na Figura 41 mostra o quadro que serviu para aprovar e discutir a alteração da periodicidade por parte da manutenção e do planeamento. O quadro de hipótese considera três opções, o acordo da alteração da periodicidade, a não alteração da periodicidade e a alteração da periodicidade, mas para uma mais adequada.

Validação da proposta Lithoman					
Manutencao			Planeamento		
Sim (de acordo com proposta)	Não (manter proposta atual)	Alterar, mas para outra periodicidade: Qual periodicidade?	Sim (de acordo com proposta)	Não (manter proposta atual)	Alterar, mas para outra periodicidade: Qual periodicidade?

Figura 41 - Opções para alteração da periodicidade

Deste modo finalizou-se a alteração das periodicidades com a aprovação da manutenção e do planeamento. A aceitação do alargamento de periodicidade conta com 27 tarefas preventivas no equipamento Lithoman e 18 tarefas para o equipamento M600. A Tabela 26 representa a quantidade de manutenções preventivas distribuídas pelas periodicidades que foram aceites.

Tabela 26 - Nº de manutenções preventivas com a periodicidade alargada pelas respetivas máquinas

Periodicidade	Nº de manutenções aceites para alteração da periodicidade	
	Lithoman	M600
Semanal	8 Tarefas	9 Tarefas
Quinzenal	5 Tarefas	0 Tarefas
Mensal	14 Tarefas	9 Tarefas

A Figura 42 apresenta o número de cada tarefa, a periodicidade atual e a proposta de alargamento, bem como os tempos de execução, em minutos. Verifica-se que, em algumas tarefas de manutenções preventivas a nova proposta encontra-se inativa, o que indica que determinadas tarefas deixarão de ser executadas. Esta decisão deve-se, em muitos casos, ao facto das tarefas estarem desatualizadas, o que resulta da não necessidade de realizá-las.

Lithoman				M600			
Nº Tarefa	Proposta atual	Nova Proposta	Tempo de execução da tarefa (minutos)	Nº Tarefa	Proposta atual	Nova Proposta	Tempo de execução da tarefa (minutos)
1	Semanal	Quinzenal	10	1	Semanal	Quinzenal	20
2	Semanal	Quinzenal	2	2	Semanal	Quinzenal	30
4	Semanal	Quinzenal	2	3	Semanal	Quinzenal	15
5	Semanal	Quinzenal	20	4	Semanal	Quinzenal	5
6	Semanal	Mensal	20	5	Semanal	Quinzenal	20
7	Semanal	Quinzenal	25	6	Semanal	Quinzenal	15
10	Semanal	Quinzenal	30	7	Semanal	Bimestral	20
11	Semanal	Quinzenal	15	8	Semanal	Mensal	10
12	Quinzenal	Mensal	10	9	Semanal	Inativo	120
13	Quinzenal	Mensal	5	10	Mensal	Bimestral	20
14	Quinzenal	Mensal	2	11	Mensal	Bimestral	5
15	Quinzenal	Bimestral	2	12	Mensal	Bimestral	10
16	Quinzenal	Mensal	30	13	Mensal	Bimestral	300
18	Mensal	Bimestral	10	15	Mensal	Trimestral	10
19	Mensal	Bimestral	15	16	Mensal	Inativo	10
20	Mensal	Bimestral	2	17	Mensal	Inativo	20
21	Mensal	Bimestral	20	18	Mensal	Inativo	20
22	Mensal	Bimestral	3	21	Mensal	Bimestral	10
23	Mensal	Inativo	10				
24	Mensal	Inativo	10				
25	Mensal	Inativo	10				
26	Mensal	Inativo	15				
27	Mensal	Inativo	30				
28	Mensal	Trimestral	5				
29	Mensal	Bimestral	5				
31	Mensal	Bimestral	10				
33	Mensal	Bimestral	2				

Figura 42 - Proposta de alteração da periodicidade com os tempos de execução das tarefas das máquinas Lithoman e M600, respetivamente

A Tabela 27 apresenta a poupança anual estimada, em minutos, resultante da extensão da periodicidade das tarefas de manutenção preventiva nos equipamentos Lithoman e M600. Este alargamento permitiu uma redução significativa de tempo despendido em manutenções, sem comprometer o desempenho e fiabilidade dos ativos. No caso da máquina Lithoman, observa-se uma poupança total anual de 5366 minutos, distribuída pelas tarefas semanais, quinzenais e mensais que foram alteradas. Para a máquina M600, os ganhos são ainda mais expressivos, com

uma poupança total anual de 12600 minutos. Este valor significativo no equipamento M600 deveu-se a uma tarefa semanal de 120 minutos converte-se em uma tarefa inativa.

Estes resultados demonstram o impacto positivo da revisão e otimização dos planos de manutenções preventivas, que contribuem para uma maior disponibilidade destes equipamentos e para uma gestão mais eficiente dos recursos.

Tabela 27 - Poupança de tempos anuais em minutos dos dois ativos

Periodicidade	Tempo poupado anualmente em tarefas de manutenção preventiva	
	Lithoman	M600
Semanal	3424 Minutos	9850 Minutos
Quinzenal	600 Minutos	
Mensal	1342 Minutos	2750 Minutos
<b>Total</b>	<b>5366 Minutos</b>	<b>12600 Minutos</b>

A Tabela 28 representa a diferença percentual anual entre o estado inicial do plano de manutenção preventiva e o novo plano. A maior diferença percentual é no equipamento M600 na periodicidade semanal, com uma melhoria de 47,4%. Este valor expressivo deve-se a existir uma manutenção preventiva semanal com uma estimativa de tempo de realização de 120 minutos que foi eliminada do plano.

Tabela 28 - Melhoria do plano de manutenção do equipamento Lithoman e M600 anualmente

Máquina	Periodicidade	Antes de melhoria (horas)	Depois da melhoria (horas)	Diferença percentual
<b>Lithoman</b>	Semanal	269	212	21,2%
<b>Lithoman</b>	Quinzenal	102	92	9,8%
<b>Lithoman</b>	Mensal	123	100	18,2%
<b>M600</b>	Semanal	346	182	47,4%
<b>M600</b>	Quinzenal	366	320	12,5%

#### 4.4. Melhoria/normalização dos *stocks* da manutenção

Este subcapítulo centra-se na componente da gestão de *stocks* de materiais e peças associadas as intervenções da manutenção. A correta gestão dos *stocks* é um fator crítico para garantir a eficiência das operações de manutenção, minimizar tempos de procura por peças e assegurar a disponibilidade dos recursos sempre que necessário.

Inicialmente observou-se a disposição do armazém de peças de manutenção, a organização retratada e a maneira como a equipa de manutenção geria o armazém. Como ilustrado na

Figura 43 a Lidergraf já dispunha de uma numeração de prateleiras, identificadas por letras seguidas de números, facilitando assim a localização dos artigos.



Figura 43 - Prateleiras Lidergraf e sua numeração

Contudo, para pessoas recentes ou pessoas que não conhecem bem o espaço, não existia um *layout* do armazém que facilitasse a localização dos artigos. Esta lacuna dificultava a identificação rápida de peças, mesmo quando se sabia que estavam em *stock*. Por exemplo, um determinado artigo podia estar localizado na prateleira x, mas a ausência de um mapa dificultava a sua procura. Para colmatar esta dificuldade e melhorar a percepção espacial do armazém, elaborou-se um *layout* à medida do armazém com a identificação visual das prateleiras que contém artigos em stock, apresentado na Figura 44.

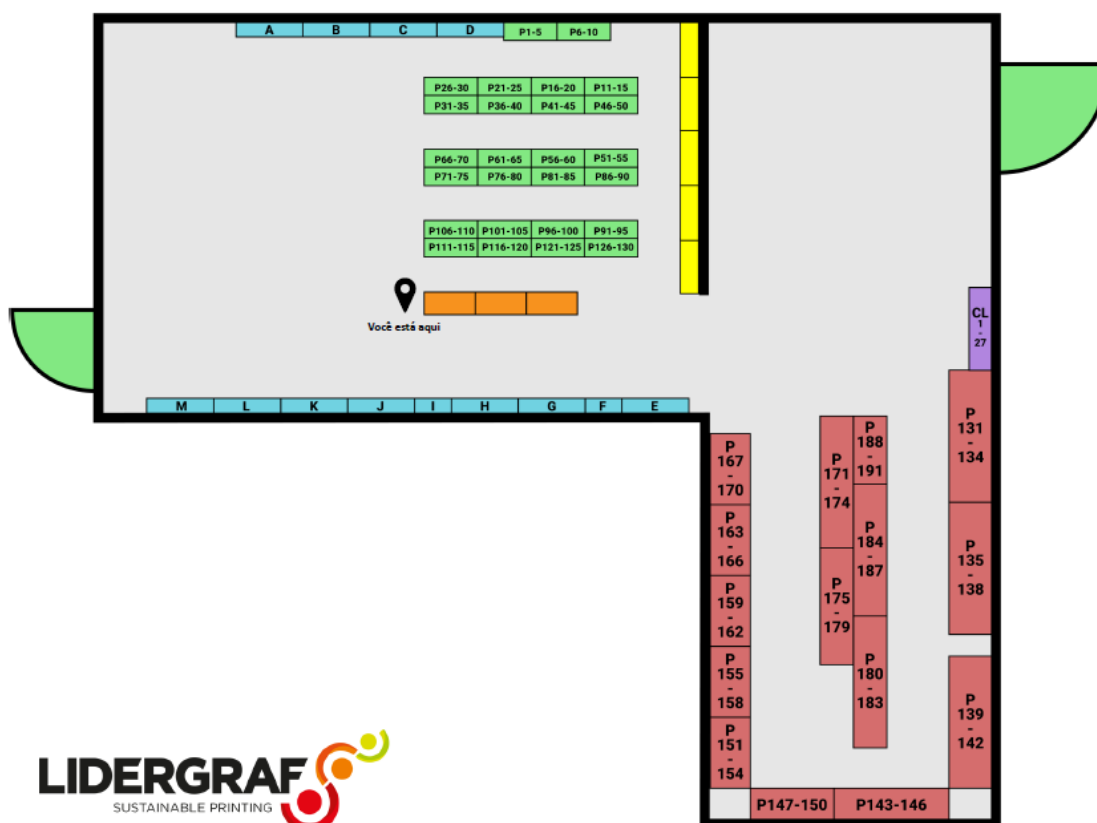


Figura 44 - Layout da disposição das prateleiras

Identificou-se um erro na enumeração das prateleiras, especificamente na transição das prateleiras P126-130 para a P131-134. Verificou-se a duplicação do número atribuído a prateleiras diferentes, o que causava conflito na localização de artigos para as intervenções. Este problema afetava a rastreabilidade dos artigos, uma vez que, após entrada no sistema B2B, os artigos são registados com a referência numa prateleira específica. A Figura 45 ilustra esta duplicação do número da prateleira, evidenciando uma sobreposição numérica das prateleiras P127 e P128.



Figura 45 - Duplicação do número de prateleira P127 e P128

Esta duplicação, inicialmente detetada na transição entre as prateleiras P126-130, estendia-se de forma contínua até as últimas prateleiras do armazém, agravando a situação de uma enumeração incorreta. Além de não existir uma correta numeração em algumas prateleiras por serem novas não continham numeração. Para contornar esta situação, procedeu-se à renumeração das prateleiras afetadas. Seguiu-se uma numeração lógica e sequencial, de forma a minimizar erros das pessoas. A atualização foi implementada tanto na sinalética física com etiquetas como no sistema B2B de gestão de *stocks*. A sinalética física foi substituída por uma componente mais perceptível por forma a melhorar a visualização, representada na Figura 46.



Figura 46 - Melhoria na sinalética das prateleiras

Na Figura 47 apresenta a melhoria da sinalética nas prateleiras das correias. Verifica-se que antes a identificação era fraca e despercebida, provocando dificuldades na determinação da prateleira.



Figura 47 - Melhoria na sinalética das correias

Os artigos das prateleiras do armazém encontram-se distribuídas por máquinas. Esta disposição seguia uma planificação previamente afixada, que indicava, à entrada de cada conjunto de prateleiras, as peças da máquina correspondente por prateleira. No entanto, a planificação existente encontra-se ilegível devido a degradação provocada pela sua antiguidade. Perante esta situação, elaborou-se uma nova planificação atualizada e legível, incorporada na entrada

## Propostas/ações de melhoria

de cada conjunto de prateleiras. A Figura 48 ilustra o antes e depois da planificação. Nos apêndices Q até ao T estão ilustrados as planilhas criadas de todas as prateleiras.

Prateleira	Recurso	Prateleira	Recurso
51	ST 300	71	Acoro / Bolero
52	ST 300	72	Acoro / Bolero
53	ST 300	73	Acoro / Bolero
54	ST 300	74	Acoro / Bolero
55	ST 300	75	Acoro / Bolero
56	Tempo 22	76	Acoro / Bolero
57	Tempo 22	77	Acoro / Bolero
58	Tempo 22	78	Acoro / Bolero
59	Tempo 22	79	Acoro / Bolero
60	Tempo 22	80	Acoro / Bolero
61	Tempo 22	81	Acoro / Bolero
62	Tempo 22	82	Acoro / Bolero
63	Tempo 22	83	Acoro / Bolero
64	Tempo 22	84	Acoro / Bolero
65	Tempo 22	85	Acoro / Bolero
66	Tempo 22	86	Acoro / Bolero
67	Tempo 22	87	Acoro / Bolero
68	Tempo 22	88	Acoro / Bolero
69	Tempo 22	89	Acoro / Bolero
70	Tempo 22	90	Acoro / Bolero

P	Recurso	P	Recurso
P 51	ST 300	P 90	Ventura
P 52	ST 300	P 89	Ventura
P 53	ST 300	P 88	Ventura
P 54	ST 300	P 87	Onix
P 55	ST 300	P 86	Onix
P 56	Tempo 22	P 85	Acoro / Bolero
P 57	Tempo 22	P 84	Acoro / Bolero
P 58	Tempo 22	P 83	Acoro / Bolero
P 59	Tempo 22	P 82	Acoro / Bolero
P 60	Tempo 22	P 81	Acoro / Bolero
P 61	Tempo 22	P 80	Acoro / Bolero
P 62	Tempo 22	P 79	Acoro / Bolero
P 63	Tempo 22	P 78	Acoro / Bolero
P 64	Tempo 22	P 77	Acoro / Bolero
P 65	Tempo 22	P 76	Acoro / Bolero
P 66	Tempo 22	P 75	Acoro / Bolero
P 67	Tempo 22	P 74	Acoro / Bolero
P 68	Tempo 22	P 73	Acoro / Bolero
P 69	Tempo 22	P 72	Acoro / Bolero
P 70	Tempo 22	P 71	Acoro / Bolero

Figura 48 - Antiga e nova planificação da máquina por prateleira

Outro grande problema encontrado é a elevada quantidade de artigos não registados no sistema B2B. A ausência de registo impede a rastreabilidade das peças, que acabam por ficar armazenadas em prateleiras sem qualquer controlo. Estas peças são frequentemente colocadas em locais que por não estarem identificados no sistema, tendem a ser esquecidos, provocando desvios na cotação real dos artigos em *stock*. Este cenário, por conseguinte, acaba por levar à inexistência de rotatividade de artigos, levando à sua obsolescência ou degradação. Além disso, compromete a eficiência do processo de reposição e dificulta a identificação das necessidades reais de aprovisionamentos.

Com o objetivo de mitigar este problema, procedeu-se à regularização dos artigos que se encontravam fora do sistema B2B. Esta ação consistiu na identificação manual de todas as peças armazenadas sem *stock* das prateleiras P1 até à P130.

O primeiro passo consistiu na elaboração de folhas em Excel, contendo o mapeamento dos artigos prateleira a prateleira. Estas folhas serviram de base para a verificação da correspondência entre artigos fisicamente armazenados e os que se encontravam registados no B2B. A Figura 49 representa a folha referente à prateleira P107 antes da qualquer intervenção, ou seja, só possuía artigos que estavam registados no B2B.



Propostas/ações de melhoria

De seguida, com auxílio dos emails dos técnicos da manutenção, pesquisou-se os orçamentos de todos as peças não registadas através dos partnumbers. A Figura 51 apresenta a folha de Excel impressa da prateleira após esta fase de validação. As notas manuscritas verificadas na figura são todas as referências que não estavam registados no sistema.

Artigo	Descritivo	partnumber	Recurso	Qtd	Un	Valor	Posição	Último Movimento
092002601	Mola para ventosa de transporte	CS.028.053/01	102 [102] Heidelberg Speedmaster	4	UN	4,80 €	P 107	16/08/2018 17:10
092000886	Avanti Plus Correia dentada *	0377.2759.4	100 Rotativa Lithoman IV	0	UN	- €	P 107	
092000890	Avanti Plus Correia dentada *	0377.2772.4	100 Rotativa Lithoman IV	0	UN	- €	P 107	
092000993	Floorveyor Correia dentada *	0570.1081.4	100 Rotativa Lithoman IV	0	UN	- €	P 107	
092001133	Newsveyor Esteira de transporte *	0577.1081.4	100 Rotativa Lithoman IV	0	UN	- €	P 107	
092002124	Módulo Eprom EPMB Bek	00.785.0346/06	102 [102] Heidelberg Speedmaster	1	UN	1.102,00 €	P 107	01/07/2015 12:14
092002113	Motores tinteiros	1620AA12P0384	118 Ryobi 524 HXX + L	2	UN	81,86 €	P 107	07/09/2022 17:04
092002152	Potenciometro Bourms 10V. 1kΩ	522-2968	116 KBA Rapida 105-S + L	3	UN	77,70 €	P 107	15/07/2015 11:14
092002151	Fim de curso do corpo de verniz	748-2897	118 Ryobi 524 HXX + L	1	UN	54,48 €	P 107	15/07/2015 10:57
092001990	Gripper	4821	253 Máquina Heidelberg Cilíndrica	3	UN	20,00 €	P 107	26/10/2018 15:58
	Relamento 6208-2RS (Leaved Ball Bearing)	00.520.1920		1	UN	35,19 €		→ 102
	Rubber Ring 1/king	00.720.2224		1	UN	6,19 €		→ 102
	O-Ring R70x3	00.520.1482		1	UN	1,53 €		
	Dobradica	21.014.420		2	UN	33,14 €		→ 102
	Hose Throttle SA 618/00	00.520.3324	Ligação de tubo	5	UN	6,03 €		→ 102
	Plate CPL Chupa Bula (P)	CS.022.6114/06		1	UN	230,72 €		→ 102
	Grab Screw Max6-SN321	00.520.2255	Parafuso	2	UN	0,29 €		→ 102
	Relamento 3206 (Anular)	00.520.0144	Contact Ball Bearing	1	UN	164,59 €		→ 102
	Relamento Agulhas (Níquel)	00.550.0113	40/30AS21	3	UN	40,36 €		→ 102
	Bellows	00.720.2236		1	UN	9,04 €		→ 102
	Guide Plate	06.521.702/03	(KBA)	1	UN	341,50 €		→ 102
	Borda de aspiração	P072383		1	UN	358,96 €		→ KBA
	Filamento de distribuição	MV.034.528/00		1	UN	316,34 €		→ 102
	Peça de distribuição de ar	MV.028.05/01		4	UN	339,42 €		→ 102
	Bucha flangeada	EGE20165-440-B		6	UN			
	Litofa	4200		30	UN	10 €		→ 253
	Balante da garra	20135251		1	UN	49,28 €		

Figura 51 - Referências não registadas no sistema e suas informações

Paralelamente, teve-se em atenção a organização e arrumação das prateleiras, com o intuito de melhorar a clareza visual das peças. A Figura 52 ilustra o estado antes e depois da reorganização das prateleiras



Figura 52 - Arrumação e organização das prateleiras

Concluída esta etapa de revisão e organização, procedeu-se ao registo, no sistema B2B, de todos os artigos que se encontravam omissos, assegurando assim, a correta rastreabilidade e integração na gestão de stocks. Para o registo de artigos era necessário informações como o

partnumber, o terceiro, o equipamento, a posição, descrição em português, descrição em inglês e a unidade de medida. A Figura 53 ilustra os parâmetros para a criação de um artigo no B2B.

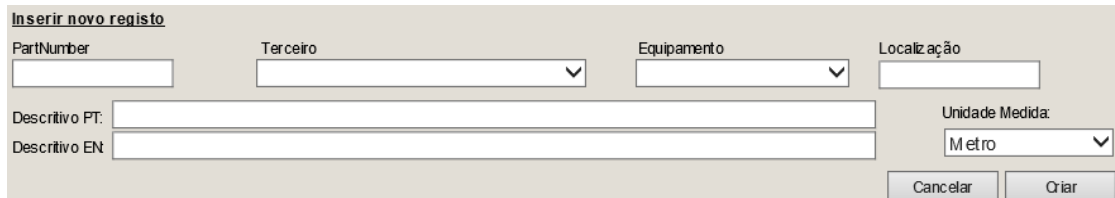


Figura 53 - Informações necessárias para registro de artigos no sistema B2B

Inseriu-se também as entradas das quantidades do artigo em *stock* e o seu preço unitário, ilustrado na Figura 54, e ajustou-se as quantidades dos artigos já criados no sistema consoante a realidade.

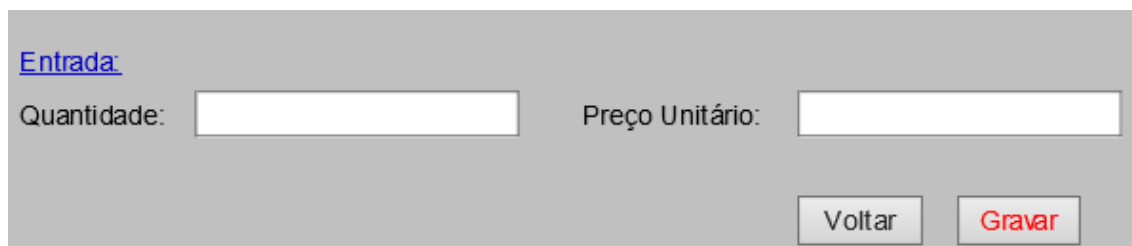


Figura 54 - Inserção de quantidades e preços unitários no sistema B2B

Para melhorar a fluidez do processo de criação de artigos adquiriu-se um leitor de códigos data matrix, ilustrado na Figura 55. Este leitor servia para consultar artigos e dar entrada e saída do inventário de peças. A função deste leitor servia como um terminal móvel que melhorava a flexibilidade das movimentações de stock.



Figura 55 - Leitor de códigos

## Propostas/ações de melhoria

Para que o leitor realize a sua função necessitou-se de colar etiquetas nos produtos do stock. As etiquetas impressas tinham informações como o partnumber, descrição e o código data matrix. Na Figura 56 apresenta as informações das etiquetas.



Figura 56 - Etiqueta com as informações do artigo

A Figura 57 apresenta uma prateleira com as etiquetas coladas nos artigos. Sempre que um técnico precise de dar baixa ou de acrescentar uma peça ao stock, basta apontar para o código com o leitor e realizar a ação pretendida. Este conceito melhora a velocidade em acrescentar artigos e na redução do esquecimento de acrescentar/retirar o stock no sistema B2B.



Figura 57 - Prateleira com códigos em todas as prateleiras

A implementação da renumeração das prateleiras, correção de duplicações, reformulação de um *layout* e criação de novas planificações contribuíram para a melhoria da organização e eficiência dos stocks. A normalização da identificação das prateleiras e a introdução de elementos visuais permite agora um roteamento mais intuitivo no espaço, reduzindo o tempo de procura por artigos. Por fim esta adição de um leitor melhora a velocidade e reduz o esquecimento na adição de novas referências de peças em stock.

Com tudo isto em mente, a gestão do armazém de peças dos técnicos melhorou a identificação de quais artigos encontrava-se em stock e os que já não existiam por falta de preocupação na remoção dos artigos do sistema. Devido aos técnicos não renovarem no sistema a quantidade dos novos artigos de stock existia muitos artigos que não se encontravam atualizados.

Dentro dos artigos criados, ou seja, que nunca deram entrada no sistema, houve um acréscimo de 1110 artigos, sendo que 655 encontrou-se o valor unitário dos documentos guardados, e mails dos técnicos. Para os outros 455 artigos criou-se uma tabela com todos os nomes e partnumbers para que no futuro estes possam ter o preço atualizado e assim melhorar o valor total do stock armazenado. O total de unidades de entrada de stock são de 5210 unidades e o valor acrescentado em stock equivale a 117 212,06€. Estes valores são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Artigos criados, quantidades e valor total do stock criado

	<b>Artigos criados</b>	<b>Quantidade unidades</b>	<b>Valor</b>
<b>Artigos c/preço</b>	655	2682	117 212,06 €
<b>Artigos s/preço</b>	455	2528	0€
<b>Total criado</b>	1110	5210	117 212,06 €

Além dos criados registaram-se todas as trocas de prateleiras e atualizações dos valores e quantidades do stock de artigos já existentes no sistema. Na Figura 58 representa o número de artigos fora da prateleira indicada pelo sistema B2B. Foram identificados 140 artigos em que a prateleira no sistema não correspondia à prateleira onde ele estava alocado, ou seja, se o sistema apontava para a prateleira P45, fisicamente ele encontrava-se noutra, como a prateleira P48. Isto gera conflitos, o que provoca a que os técnicos comprem novamente o artigo por não o ter encontrado. Para combater este problema trocou-se a posição do artigo de volta à prateleira de origem.

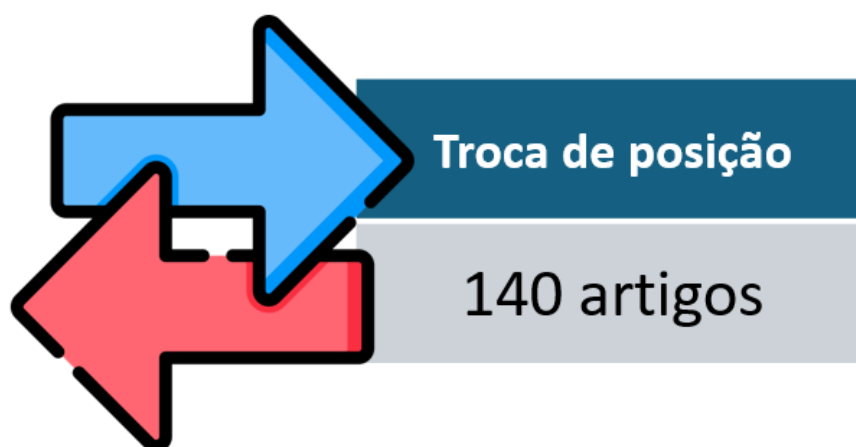


Figura 58 - Número de artigos fora da prateleira

## Propostas/ações de melhoria

No final desta verificação ao stock da manutenção existiu uma variação do valor de stock de cerca de 103 347,95€ o que corresponde a uma variação percentual de quase 20% do valor do stock inicial, apresentada na Tabela 30.

Tabela 30 - Valor de stock e percentual com a verificação das prateleiras dos artigos de manutenção

<b>Valor stock inicial</b>	<b>Valor stock final</b>	<b>Variação de stock</b>	<b>% de aumento de stock</b>
527 373,37 €	630 721,32 €	103 347,95 €	19,60%

## 5. Análise e discussão de resultados

Este capítulo é destinado a compilar os resultados obtidos das propostas de melhoria desenvolvidas. Inicialmente referiu-se os resultados na incorporação da manutenção preventiva em certos ativos e da alteração da periodicidade nas máquinas rotativas de impressão. De seguida apresentou-se os resultados da possível melhoria dos deslocamentos e da participação ativa dos operadores, finalizando com as melhorias implementadas no *stock* e os valores relativos.

### 5.1. Resultados da otimização das deslocações da equipa de manutenção

A eficiência operacional de uma equipa de manutenção não depende apenas das intervenções, mas também como os recursos, físicos e humanos, são organizados no terreno. Através da observação das rotinas da equipa de manutenção da Lidergraf, foi possível constatar que, além das atividades relacionadas com a manutenção, uma parte considerável do tempo de trabalho era consumida em deslocações. Estas movimentações, muitas vezes normalizadas no dia-a-dia, escondem ineficiências significativas que afetam a produtividade da equipa e do desempenho global da Lidergraf.

Com base no levantamento inicial, verificou-se que cerca de 10% do tempo é ocupado em deslocações. Este valor representa aproximadamente 200 horas anuais por trabalhador, o que se traduz num total de 800 horas anuais desperdiçadas na equipa de manutenção composta por quatro elementos. A magnitude deste valor tem impacto real nos custos operacionais da manutenção, mas também no aumento do tempo de inatividade dos ativos, já que atrasos de chegada ao local afetam diretamente a disponibilidade produtiva.

Para estudar em detalhe os padrões de movimentação da equipa, recorreu-se a ferramenta diagrama de esparguete. Esta abordagem permitiu visualizar os trajetos mais frequentes percorridos pelos técnicos, tanto dentro dos edifícios como entre edifícios. Evidenciou-se que existiam dois trajetos principais entre a oficina (no edifício 2) e o edifício 1, com tempos de deslocação distintos. O percurso inferior revelou-se mais rápido, com uma média de 172 segundos, face aos 194 segundos no percurso superior, o que gera uma diferença de 22 segundos por deslocação. Apesar disso, cerca de 25% das viagens continuam a ser realizadas pelo trajeto menos eficiente, o que representa, ao longo do ano, um desperdício acumulado de 8,2 horas no conjunto dos quatro elementos.

## Análise e discussão de resultados

Foi também identificada uma oportunidade de melhoria adicional, com a possível entrada em funcionamento de uma porta localizada no fundo da oficina, atualmente em desuso. Através da abertura deste acesso, seria possível reduzir ainda mais o tempo médio das deslocações, ganhando-se até 23 segundos por trajeto em comparação com o caminho atualmente mais otimizado (inferior) e 45 segundos face ao trajeto superior. Com base no número médio diário de percursos efetuados pelos técnicos, esta mudança representaria um ganho anual de aproximadamente 42 horas.

Paralelamente, foi analisado o impacto das deslocações resultantes de falhas no planeamento das intervenções, nomeadamente o esquecimento de ferramentas e materiais. De acordo com os dados recolhidos, cerca de 18% do tempo total em deslocações tinha origem nesta lacuna, sendo o técnico A o mais afetado, com 30% do seu tempo em deslocações atribuível a este motivo. Verifica-se que, por este fator, se percam anualmente cerca de 20 horas de trabalho. Uma das propostas passa pela introdução de carrinhos de ferramenta individuais, devidamente organizados e adaptados a cada técnico, de modo a reduzir a necessidade de regressos à oficina e a melhorar a preparação para as intervenções. Com a análise simultânea de quais peças e ferramentas a equipa se esquecia frequentemente foram apontadas como possíveis ferramentas para recorrer no carrinho de ferramentas.

Por fim, identificou-se um comportamento passivo por parte dos operadores durante as intervenções. Em cerca de 23% das manutenções acompanhadas, os operadores limitavam-se a observar a ação dos técnicos, permanecendo-se inativos. Com uma base anual, esta inatividade representa aproximadamente 284 horas de tempo de trabalho que poderiam ser otimizadas, especialmente através do envolvimento dos operadores em tarefas de manutenção preventivas ou na preparação de *setups* futuros durante as intervenções dos mecânicos. Esta mudança cultural, apoiada com uma maior sensibilização, tem potencial para lucros significativos em eficiência e continuidade produtiva.

Somando os ganhos identificados desde a escolha do trajeto mais otimizado, à melhoria do planeamento das ferramentas e à passividade do tempo dos operadores a empresa pode recuperar dezenas de horas de trabalho efetivo anualmente. A Tabela 31 resume os ganhos de tempo nas diferentes frentes de otimização, que comprova que pequenas alterações na organização e hábitos do quotidiano resultam em melhorias no desempenho da manutenção e, por consequência, no desempenho global da Lidergraf. Também apresenta os lucros estimados consoante 8€ por hora dos trabalhadores e 300€ por hora pelo aumento da disponibilidade de máquina.

Tabela 31 - Horas e lucros das melhorias em deslocações e do comportamento passivo dos operadores anualmente

Melhorias	Tempo Anual (horas)	Homem (€)	Máquina (€)	Total anual (€)	Melhoria
Com a normalização do trajeto	8,2	65,6	2 460	2 525,6	1,1%
Com a utilização no trajeto em desuso	42,4	339,2	12 720	13 059,2	5,3%

<b>Com a utilização de carrinhos de ferramentas</b>	20,2	161,6	6 060	6 221,6	2,53%
<b>Realização de tarefas preventivas pelos operadores em simultâneo com a intervenção dos mecânicos</b>	284	2272	85 200	87 472	

## 5.2. Efeitos da manutenção preventiva e sobremanutenção no desempenho e aumento produtivo dos ativos

A ausência de planos de manutenção preventiva em determinados equipamentos na Lidergraf revelou-se como um fator crítico para falhas inesperadas dos equipamentos. Esta lacuna era evidente em equipamentos mais recentes, os quais, por não terem manutenções preventivas informatizadas, os operadores realizavam as manutenções preventivas com base numa estrutura de experiência dos ativos semelhantes.

A abordagem para resolver esta deficiência baseou-se na implementação de planos de manutenção preventiva específicos adaptados a três máquinas. O desenvolvimento destes planos começou com uma análise dos manuais dos fabricantes, cruzando essa informação com planos já existentes em equipamentos semelhantes e com a experiência da equipa de manutenção. Esta construção pormenorizada permitiu definir para cada ativo as ações específicas a executar, os recursos necessários, bem como a frequência ideal das tarefas.

Importa salientar o papel ativo dos operadores, através da filosofia da manutenção autónoma, que promove a responsabilização das equipas de operação na execução de tarefas básicas. Esta integração fortalece o conhecimento técnico de toda a Lidergraf como também reforça a deteção precoce de anomalias. A distribuição das tarefas por responsáveis revelou uma concentração significativa das tarefas nos operadores, o que ilustra a aposta da Lidergraf por um envolvimento contínuo de toda a organização.

A Tabela 32 mostra a quantidade de tarefas preventivas elaboradas, resultando numa melhoria da fiabilidade dos ativos.

Tabela 32 - Quantidade de tarefas criadas nos três ativos relativo à sua periodicidade

	Semanal	Quinzenal	Mensal	Anual
<b>109 Speedmaster CD</b>	29	32	42	25
<b>110 Speedmaster CD</b>	29	32	42	25
<b>111 Speedmaster SM</b>	13	14	19	3

Contudo, nem sempre o que os manuais referem é uma obrigação, tendo em conta que os equipamentos não operam continuamente, nem com a cadêcia idealizada pelo fabricante.

Com o acúmulo de dados sobre PedMan e experiência operacional, torna-se evidente que a execução rigorosa de todas as tarefas preventivas, pode gerar desperdícios e sobrecarga de

## Análise e discussão de resultados

manutenções preventivas. Realizou-se um estudo dentro dos equipamentos de impressões rotativas Lithoman e M600, por serem elementos-chave em questões produtivas e por terem um número elevado de manutenções e ocorrências de PedMan. A análise focou na correlação entre a taxa de cumprimento das tarefas preventivas e os PedMan registados, destacando-se que as tarefas com possível alteração seriam as taxas mais baixas de cumprimento, as semanais, quinzenais e mensais. Investigou-se os PedMan por zonas e tipos de falha das descrições dos PedMan dos operadores. Esta categorização permitiu identificar potenciais tarefas com a possibilidade de alargar a periodicidade em locais em que ao não realizar a tarefa na periodicidade correta não afetava negativamente os ativos. A proposta inicialmente foi submetida aos líderes operacionais com experiência direta na operação dos equipamentos. Resultou numa validação de extensão da periodicidade de 33 tarefas preventivas dentro das 70 existentes na máquina Lithoman e alteração de 13 tarefas das 52 tarefas atualmente em rigor no equipamento M600. Este processo culminou na criação de um quadro de propostas de alteração da periodicidade, centrada na realidade necessária do equipamento. Este quadro foi então submetido à validação final da equipa de manutenção e do planeamento que deram o veredito definitivo sobre a viabilidade do ajuste. Como resultado desta revisão, foram alargadas as periodicidades de 45 tarefas preventivas, das quais 17 eram semanais, 5 quinzenais e 23 mensais. Na Figura 59 é representado a sequência da aprovação da ideia de alargar a periodicidade das tarefas preventivas

			Segundo: Líderes dos operadores	Segundo: Manutenção e planeamento
Lithoman	Semanal	23	11	8
	Quinzenal	12	5	5
	Mensal	35	17	14
M600	Semanal	17	9	9
	Mensal	35	12	9
Total Manutenções		122	54	45

Figura 59 - Tarefas de manutenções preventivas com periodicidade alargada

Com esta racionalização, estimou-se uma redução de cerca de 299,4 horas de intervenção anual, libertando assim recursos para iniciar a produção, apresentado na Tabela 33. Assumindo um lucro por hora de 750€ para o equipamento Lithoman e 500€ para a máquina M600 e

relacionando às quase 300 horas de disponibilidade de máquina, estima-se 172 075 euros anuais ganhos na produção.

Tabela 33 - Poupança de horas e lucros pela disponibilidade de máquina

	<b>Poupança de disponibilidade, em horas</b>	<b>Lucros pela disponibilidade de máquina, em euros</b>
<b>Lithoman</b>	89,4	67075
<b>M600</b>	210,0	105000
<b>Total</b>	299,4	172075

Com esta alteração da periodicidade da manutenção preventiva estima-se que a alteração do cumprimento das tarefas aumente. Na Figura 60 verifica-se a estimativa de aumento da taxa de cumprimento das tarefas no equipamento Lithoman. A maior taxa de cumprimento verifica-se na periodicidade mensal com uma estimativa de aumento de 20,59%.

<b>Periodicidade</b>	<b>Taxa de cumprimento inicial</b>	<b>Taxa de cumprimento final</b>
<b>Semanal</b>	43,51%	61,8%
<b>Quinzenal</b>	58,33%	75,7%
<b>Mensal</b>	56,66%	77,25%



Figura 60 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas no equipamento Lithoman

No que diz respeito ao equipamento M600 a taxa de cumprimento também aumentará. Verifica-se, na Figura 61, que a taxa de cumprimento aumenta mais na periodicidade semanal, equivalente a uma melhoria de 14,72%.

<b>Periodicidade</b>	<b>Taxa de cumprimento inicial</b>	<b>Taxa de cumprimento final</b>
<b>Semanal</b>	71,78%	86,5%
<b>Mensal</b>	72,37%	78,55%



Figura 61 - Taxa de cumprimento das tarefas preventivas no equipamento M600

### 5.3. Resultados da melhoria da gestão dos *stocks*

A reestruturação da gestão de *stocks* no armazém de manutenção representou uma melhoria significativa na organização e no controlo de materiais. A intervenção surgiu da necessidade de mitigar constrangimentos operacionais observados desde o início do estágio, nomeadamente a incoerência entre peças registadas no sistema e existência física, inexistência de mapeamento claro em certos pontos do armazém de manutenção e desatualização de registo de artigos no sistema B2B.

Desde logo, a ausência de um layout para consulta dificultava a localização eficiente dos artigos armazenados, sobretudo para colaboradores menos familiarizados com a oficina de peças. Esta limitação foi suprimida com a elaboração e afixação de um *layout* visual à entrada das prateleiras, promovendo na eficiência do roteamento dos colaboradores.

Um dos principais obstáculos identificados foi a duplicação dos números atribuídos as prateleiras existentes, o que gerava incoerência entre os registos físicos e digitais comprometendo a rastreabilidade dos artigos. Reestruturou-se a renumeração sequencial das prateleiras afetadas tanto na sinalética física e em sistema informático, bem como criou-se números para as prateleiras restantes ainda não criadas.

Outro aspeto crítico prendeu-se com a elevada quantidade de peças não registadas. Estas encontravam-se dispersas nas prateleiras, sem qualquer entrada no sistema B2B, o que dificultava o seu rastreamento como também comprometia o valor real de inventário. O trabalho de identificação e registo envolveu na criação de grelhas em Excel para verificação prateleira a prateleira, a colaboração próxima da equipa de manutenção para clarificação de artigos, de *partnumber* e a pesquisa de dados técnicos e orçamentais para a correção e integração dos dados no sistema. Como resultado direto deste trabalho, procedeu-se à separação de peças não identificadas, a uma limpeza, arrumação e organização, com vista a melhorar a acessibilidade dos artigos. Incorporou-se um sistema com um leitor de códigos data matrix para melhorar a velocidade de entrada e saída de artigos no sistema B2B.

Desta ação resultou, o registo de 1110 artigos que anteriormente se encontravam fora do sistema. Esta regularização representou uma correção de cerca de 117 212,06 € euros no valor de aprovisionamentos, entre as peças que nunca tinham sido criadas. O valor percentual da normalização dos *stocks* cresceu em 19,60% ao longo deste trabalho, correspondente a 103 347,95€ acrescidos ao stock inicial. A variação dos 117 212,06€ e os 103 347,95€ deve-se a um corresponder apenas ao *stock* que nunca existiu, ou seja, ao *stock* criado e o segundo corresponde a todas as alterações de unidades, valores unitários mais atualizados e criação dos artigos.

A intervenção nos *stocks*, ao contrário de alterações técnicas ou operacionais mais visíveis, representou uma mudança silenciosa, mas estruturante. Ao garantir a rastreabilidade, ao corrigir erros sistémicos e ao assegurar que os materiais necessários estão disponíveis e localizáveis, cria condições para que a manutenção opere de forma mais previsível e eficiente. Com isto em mente, o tempo médio de procura de artigos reduz, o que se traduz num ganho de produtividade para a equipa de manutenção e para o global da Lidergraf.

## 5.4. Discussão de resultados

Os resultados desta dissertação demonstram a aplicabilidade de estratégias de manutenção e ferramentas *lean* em contexto real de uma empresa gráfica, colmatando a lacuna identificada na revisão da literatura relativamente à sua aplicabilidade neste setor. Os resultados obtidos nesta dissertação evidenciam que a integração de metodologias de manutenção com ferramentas *lean* tem impacto direto na eficiência operacional e na produtividade dos equipamentos. A análise crítica destes resultados permite compreender não só os ganhos quantitativos alcançados, mas também o modo como estes se alinham com o que é reportado na literatura.

A implementação do TPM e do RCM revelou-se fundamental para enfrentar os problemas identificados, em particular no âmbito da manutenção preventiva e autónoma e da fiabilidade dos equipamentos. A elaboração de planos de manutenção para três equipamentos distintos e a revisão dos planos de manutenção para duas máquinas de impressão rotativa permitiram um ganho anual estimado de 172 mil euros, bem como um aumento da taxa de cumprimento das tarefas preventivas efetuadas pelos operadores. Estes resultados reforçam a evidência de que a combinação do TPM e RCM pode gerar valor económico significativo, mesmo em setores tradicionalmente menos associados a práticas de excelência industrial, como o setor gráfico.

No que respeita às ferramentas *lean*, a aplicação do 5S, da gestão visual e do diagrama de esparquite possibilitou otimizar trajetos e reduzir desperdícios relacionados com movimentações desnecessárias. Verificaram-se ganhos de eficiência entre 1,1% (através da normalização de trajetos) e 5,3% (com estratégias adicionais de reorganização). Estes resultados confirmam a relevância do *lean maintenance* na eliminação de desperdícios operacionais.

Adicionalmente, a gestão de stocks revelou-se outra área crítica. A revisão de prateleiras, a incorporação visual do layout, a correção de duplicações de prateleiras, a revisão de preços e a eliminação de inconsistências no sistema informático resultaram numa regularização de mais de 103 mil euros em inventário e na identificação de mais de mil artigos adicionais. Estes resultados aumentaram a fiabilidade do sistema de aprovisionamento, reduziram tempos de procura e a mitigaram a dependência do conhecimento tácito dos técnicos mais experientes. Em linha com as práticas *lean*, a transparência e normalização do fluxo de materiais mostrou ser um fator essencial para sustentar melhorias.

A questão de investigação foi assim respondida de forma positiva. As melhorias alcançadas em manutenção preventiva, sobremanutenção, nas deslocações da equipa técnica de manutenção e na gestão de stocks contribuíram para a redução de tempos improdutos, traduzindo-se em ganhos de sustentabilidade produtiva, ambiental e económica. Em termos globais, os resultados demonstram que a combinação de TPM, RCM e ferramentas *lean* não só gera ganhos económicos, mas também promove uma mudança cultural na organização. A redução de

## Análise e discussão de resultados

desperdícios e a maior responsabilização dos operadores reforçam a ideia de que a manutenção deve ser entendida como parte integrante da estratégia produtiva e não como um mero custo.

## 6. Conclusão

Neste capítulo são expostas as considerações finais relativamente ao trabalho realizado e as principais dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento. Apresentam-se, ainda, algumas propostas de ações a desenvolver no futuro, numa perspetiva de melhoria contínua no desempenho da função manutenção.

### 6.1. Conclusões finais

O presente trabalho tem como principal objetivo a melhoria da disponibilidade dos equipamentos numa empresa gráfica, através da aplicação de metodologias de manutenção e ferramentas *lean*. A implementação destas práticas visou, sobretudo, a redução de desperdícios associados à gestão da manutenção, abrangendo não só aos próprios equipamentos, mas também os técnicos e os operadores de máquina.

Os resultados obtidos demonstram ganhos claros em diferentes vertentes do processo produtivo. A análise das deslocações da equipa de manutenção, com recurso a diagramas de esparguete, permitiu reduzir tempos improdutos, aumentando a eficiência e diminuindo perdas de disponibilidade. A implementação de planos de manutenção preventiva em equipamentos de impressão offset e a correção de situações de sobremanutenção nas máquinas rotativas de impressão, apoiadas em metodologias como o TPM e o RCM, resultaram num equilíbrio mais adequado das intervenções, contribuindo para a diminuição de paragens não planeadas e para a maximização do tempo produtivo dos ativos. Por sua vez, a melhoria na gestão de stocks, com a utilização do 5S, gestão visual e SW garantiu uma maior fiabilidade no aprovisionamento de peças críticas, reduzindo atrasos na execução das tarefas de manutenção e evitando tempos de paragem adicional.

Em termos globais, verificou-se uma melhoria na produtividade dos equipamentos e uma otimização da utilização dos recursos, confirmando a relevância da integração entre modelos de manutenção e práticas *lean*. De forma geral, o estudo dos planos de manutenção que estavam atualmente em vigor e a sua reformulação, identificada como sobremanutenção, resultou numa poupança anual de 89,4 horas na máquina lithoman e de 210 horas na máquina M600. Estes horas correspondem a um potencial de aumento de produtividade estimado em 67 075€ para a Lithoman e 105 000€ para a M600, totalizando em 172 075€. Para além disso, foi possível criar planos de manutenção preventiva em três máquinas de impressão offset que não dispunham de procedimentos estruturados, aumentando a fiabilidade dos equipamentos.

## Conclusão

O acompanhamento no chão de fábrica possibilitou ainda identificar melhorias ao nível dos trajetos efetuados pelos técnicos de manutenção entre edifícios. Encontraram-se várias vertentes, dentro delas a mais simples a normalização dos trajetos, ou seja, realizarem o trajeto de um edifício para o outro sempre pelo caminho mais curto possibilitando numa melhoria de 1,1% do tempo em deslocamentos, representando uma poupança anual de 2525,6€. A segunda opção seria a utilização de uma porta em desuso que se revelou ainda mais vantajosa, com a redução de 42,4 horas anuais, equivalente a 5,3% no tempo de deslocamento e 13 059,20€ ganhos. No caso dos desperdícios causados pelo esquecimento de ferramentas ou pela mudança repentina no trabalho a ser executado a adoção de carrinhos ou caixas de ferramentas representa uma poupança de 20,2 horas, ou seja, 2,53% do tempo, equivalendo a 6221,60€ anuais. Outra mudança percebida foi no comportamento dos operadores quando os técnicos intervêm na sua máquina. Verifica-se que os operadores permanecem passivos durante 23% das intervenções, totalizando 284 horas anuais, equivalentes a 87 472€. Esta passividade pode ser mitigada através da realização antecipada dos *setups*, da colaboração em outras máquinas durante as paragens ou com a execução de tarefas preventivas.

Por fim e não menos importante a gestão de stock contribuiu de forma significativa para a obtenção de ganhos expressivos na facilidade em encontrar peças e na velocidade para adicionar e remover artigos no sistema interno da Lidergraf, o B2B. Realizou-se a planificação de um layout para aumentar a facilidade em encontrar o local das prateleiras, redefiniu-se o número das prateleiras para uma sequência lógica e sem erros, melhorou-se planos antigos de pouca visibilidade por novos com uma melhor qualidade. Paralelamente, o registo no sistema de gestão (B2B) foi atualizado com as quantidades corretas e com a criação de artigos inexistentes, resultando na identificação de 1110 novos artigos e na regularização de 103 347,95€, valor que correspondia a 19,60% do stock inicial e que anteriormente não estava contabilizado.

Estes resultados evidenciam que a adoção de metodologias estruturadas pode representar uma mais-valia significativa para empresas do setor gráfico e industrial em geral, não apenas pela redução dos desperdícios, mas também pelo impacto económico e pela melhoria da eficiência operacional.

## 6.2. Limitações e trabalhos futuros

Nas indústrias com elevada maturidade operacional e experiência consolidada na área da manutenção, é comum a existência de práticas constantes e repetitivas no quotidiano. Na Lidergraf o contexto revela-se semelhante, sendo evidente que a padronização das tarefas diárias acarreta uma resistência à mudança, dificultando o desenvolvimento e adoção de novas práticas mais eficientes e otimizadas. Esta resistência constitui uma barreira significativa, que pode gerar atrasos a introdução de novas técnicas na manutenção e limitar os benefícios potenciais que daí poderiam advir. Assim, torna-se essencial sensibilizar e envolver todos os colaboradores para as regalias da execução das manutenções preventivas, das vantagens do uso dos carrinhos de ferramentas e na gestão e organização eficiente dos *stocks*.

## Conclusão

Uma limitação complementar reside no curto período disponível para avaliar os efeitos do alargamento da periodicidade das manutenções preventivas, bem como a implementação de manutenções preventivas em novos equipamentos. Este tempo limitado dificulta a compreensão quanto à eficácia das melhorias introduzidas, nomeadamente se estas se alinham com os objetivos pretendidos, e se a redução do tempo alocado à manutenção não provocou efeitos negativos.

Adicionalmente, uma limitação identificada relaciona-se com a fiabilidade da descrição realizada pelos operadores quando efetuam o PedMan. A ausência ou insuficiência dos detalhes pode conduzir a interpretações erradas. Esta imprecisão pode comprometer a eficácia da estratégia de sobremanutenção, afetando negativamente a fiabilidade dos equipamentos e os tempos de disponibilidade.

Para uma compreensão mais aprofundada dos efeitos das intervenções de manutenção, seria necessário realizar um estudo, a longo prazo, que permitisse verificar a ocorrência de eventuais PedMan provocados pela alteração da periodicidade e, com base nestes dados, propor uma nova alteração ajustada aos impasses emergentes. Tal abordagem permitiria adequar a frequência das intervenções às necessidades reais dos equipamentos.

Seria relevante a incorporação de novas estratégias como a manutenção preditiva nos equipamentos. O desenvolvimento tecnológico e a integração dos sensores capazes de prever falhas inesperadas podem contribuir significativamente para o aumento da vida útil dos ativos e para a maximização dos lucros ao longo do ciclo de vida dos equipamentos.

Outro rumo interessante é a expansão do foco da sobremanutenção para outros equipamentos, poderá ser explorada como estratégia para aumentar a disponibilidade das máquinas para a produção, sem comprometer a fiabilidade dos ativos.

Como linha de investigação futura, a continuidade de incorporação dos artigos no sistema de *stocks*, aliada ao ajuste correto das quantidades de componentes, poderá permitir uma visão centralizada e em tempo real dos recursos disponíveis. A existência de um histórico fiável e atualizado das peças utilizadas facilitaria a reposição atempada e a gestão eficiente dos recursos considerados críticos, otimizando assim a resposta às necessidades de manutenção. Neste contexto, a adoção de uma abordagem de gestão preditiva de *stocks* poderá constituir uma mais-valia significativa, promovendo a melhoria contínua dos processos de manutenção.

Por fim, destaca-se como relevante a investigação da aplicabilidade de novas ferramentas lean e estratégias noutras domínios de atividade, além da manutenção, com vista ao desenvolvimento de conhecimentos alternativos que promovam a melhoria contínua e a sustentabilidade do setor.



## Referências

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Afey, I. H. (2010). Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. *Engineering*, 02(11), 863–873. <https://doi.org/10.4236/eng.2010.211109>
- AlShorman, O., Alkhatni, F., Masadeh, M., Irfan, M., Glowacz, A., Althobiani, F., Kozik, J., & Glowacz, W. (2021). Sounds and acoustic emission-based early fault diagnosis of induction motor: A review study. In *Advances in Mechanical Engineering* (Vol. 13, Issue 2). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1687814021996915>
- Andersson, R., Manfredsson, P., & Lantz, B. (2015). Total productive maintenance in support processes: an enabler for operation excellence. *Total Quality Management and Business Excellence*, 26(9–10), 1042–1055. <https://doi.org/10.1080/14783363.2015.1068598>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Antony, J., Scheumann, T., Sunder M, V., Cudney, E., Rodgers, B., & Grigg, N. P. (2022). Using Six Sigma DMAIC for Lean project management in education: a case study in a German kindergarten. *Total Quality Management and Business Excellence*, 33(13–14), 1489–1509. <https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1973891>
- Antosz, K., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Paśko, Ł., Zhang, C., & Wang, S. (2021). Application of machine learning and rough set theory in lean maintenance decision support system development. *Eksploatacja i Niezawodność*, 23(4), 695–708. <https://doi.org/10.17531/ein.2021.4.12>
- Antosz, K., Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Sá, J. C., & Machado, J. (2023). *Trends in Lean Maintenance Implementation in Production Companies* (pp. 240–269). <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5606-4.ch011>
- Antosz, K., Pasko, L., & Gola, A. (2019). The Use of Intelligent Systems to Support the Decision-Making Process in Lean Maintenance Management. *IFAC-PapersOnLine*, 52(10), 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.037>

## Referências

- Antosz, K., Paško, Ł., & Gola, A. (2020). The use of artificial intelligence methods to assess the effectiveness of lean maintenance concept implementation in manufacturing enterprises. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(21), 1–24. <https://doi.org/10.3390/app10217922>
- Araman, H., & Saleh, Y. (2023). A case study on implementing Lean Six Sigma: DMAIC methodology in aluminum profiles extrusion process. *The TQM Journal*, 35(2), 337–365.
- Arunraj, N. S., & Maiti, J. (2007). Risk-based maintenance-Techniques and applications. *Journal of Hazardous Materials*, 142(3), 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.06.069>
- Avison, D., Lau, F., Myers, M., & Nielsen, P. A. (1999). Action Research. In *COMMUNICATIONS OF THE ACM* (Vol. 42, Issue 1).
- Barosz, P., Gołda, G., & Kampa, A. (2020). Efficiency analysis of manufacturing line with industrial robots and human operators. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/APP10082862>
- Bizuneh, B., & Omer, R. (2024). Lean waste prioritisation and reduction in the apparel industry: application of waste assessment model and value stream mapping. *Cogent Engineering*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2341538>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Chikwendu, O. C., Chima, A. S., & Edith, M. C. (2020). The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. *Heliyon*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03796>
- Chintada, A., & Umasankar, V. (2022). Improvement of productivity by implementing occupational ergonomics. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 39(1), 59–72. <https://doi.org/10.1080/21681015.2021.1958936>
- Corrales, L. del C. N., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/APP10186469>
- Dehghanian, P., Fotuhi-Firuzabad, M., Bagheri-Shouraki, S., & Razi Kazemi, A. A. (2012). Critical component identification in reliability centered asset management of power distribution systems via fuzzy AHP. *IEEE Systems Journal*, 6(4), 593–602. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2011.2177134>
- Dixit, S., Verma, N. K., & Ghosh, A. K. (2021). Intelligent Fault Diagnosis of Rotary Machines: Conditional Auxiliary Classifier GAN Coupled with Meta Learning Using Limited Data. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3082264>

## Referências

- Dora, M., van Goubergen, D., Kumar, M., Molnar, A., & Gellynck, X. (2014). Application of lean practices in small and medium-sized food enterprises. *British Food Journal*, *116*(1), 125–141. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2012-0107>
- Duran, O., Capaldo, A., & Acevedo, P. A. D. (2017). Lean maintenance applied to improve maintenance efficiency in thermoelectric power plants. *Energies*, *10*(10). <https://doi.org/10.3390/en10101653>
- Ebeid Akram A., El-Khouly Ingy A., & El-Sayed Aziz E. (2016). Lean Maintenance Excellence in the Container Handling Industry: A Case Study. *2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM)*.
- ECO LABEL™ | Certificação Ecológica de Produto. (n.d.). Retrieved April 18, 2025, from <https://www.ecolabel.net/pt/>
- EU Ecolabel Success Story - Lidergraf Sustainable Printing. (n.d.). Retrieved April 18, 2025, from [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel/articles-and-success-stories/eu-ecolabel-success-story-lidergraf-sustainable-printing\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel/articles-and-success-stories/eu-ecolabel-success-story-lidergraf-sustainable-printing_en)
- Ferreira, C., Silva, A., de Brito, J., Dias, I. S., & Flores-Colen, I. (2021). The impact of imperfect maintenance actions on the degradation of buildings' envelope components. *Journal of Building Engineering*, *33*. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101571>
- Ferreira, S., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, *38*, 1427–1435. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, *200*, 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Guzel, D., & Asiabi, A. S. (2022). Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study). *Tehnicki Glasnik*, *16*(1), 82–92. <https://doi.org/10.31803/tg-20211010121240>
- Heravi, G., Rostami, M., & Kebria, M. F. (2020). Energy consumption and carbon emissions assessment of integrated production and erection of buildings' pre-fabricated steel frames using lean techniques. *Journal of Cleaner Production*, *253*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120045>
- Higgins, L. R., Mobley, K., & Wikoff, D. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (Seventh Edition). McGraw-Hill Professional.
- Holmemo, M. D. Q., Rolfsen, M., & Ingvaldsen, J. A. (2018). Lean thinking: Outside-in, bottom-up? The paradox of contemporary soft lean and consultant-driven lean implementation. *Total Quality Management and Business Excellence*, *29*(1–2), 148–160. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1171705>

## Referências

- Home Page Portugal | Forest Stewardship Council.* (n.d.). Retrieved April 18, 2025, from <https://www.pt.fsc.org/pt-pt>
- Huang, S. H., Dismukes, J. P., Shi, J., Su, Q., Wang, G., Rauak, M. A., & Robinson, D. E. (2002). *Manufacturing System Modeling for Productivity Improvement*. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(02\)80165-0](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(02)80165-0)
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. In *Mechanical Systems and Signal Processing* (Vol. 20, Issue 7, pp. 1483–1510). <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012>
- Jensen, I. B., & Dikilitas, K. (2025). A scoping review of action research in higher education: implications for research-based teaching. *Teaching in Higher Education*, 30(1), 84–101. <https://doi.org/10.1080/13562517.2023.2222066>
- Kumar Sharma, A., Joshi, A., & Jurwall, V. (2020). Performance measurement metrics in TPM: A contextual view to training and development. *Materials Today: Proceedings*, 28, 2476–2480. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.796>
- Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., & Lin, J. (2018). Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction. In *Mechanical Systems and Signal Processing* (Vol. 104, pp. 799–834). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.11.016>
- Lei, Y., Li, N., & Lin, J. (2016). A New Method Based on Stochastic Process Models for Machine Remaining Useful Life Prediction. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 65(12), 2671–2684. <https://doi.org/10.1109/TIM.2016.2601004>
- Li, J., Wang, H., Xiong, L., He, Y., & Yi, C. (2023). Strategy Optimization of Multi-Component System Opportunity Maintenance for Electric Multiple Units from a Lean Maintenance Perspective. *IEEE Access*, 11, 89478–89487. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3306949>
- Li, X., Ran, Y., Chen, B., Chen, F., Cai, Y., & Zhang, G. (2023). Opportunistic maintenance strategy optimization considering imperfect maintenance under hybrid unit-level maintenance strategy. *Computers and Industrial Engineering*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109624>
- Lidergraf - Sobre nós.* (n.d.). Retrieved April 18, 2025, from <https://www.lidergraf.com/pt/about-us-pt/>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Liu, B., Chen, T., Yang, H., & Zhang, L. (2023). Multi-phase preventive maintenance strategy for leased equipment considering usage rate variation. *Computers and Industrial Engineering*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109673>

## Referências

- Lundgren, C., Skoogh, A., & Bokrantz, J. (2018). Quantifying the Effects of Maintenance - A Literature Review of Maintenance Models. *Procedia CIRP*, 72, 1305–1310. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.175>
- Luo, T., Wu, C., & Duan, L. (2018). Fishbone diagram and risk matrix analysis method and its application in safety assessment of natural gas spherical tank. *Journal of Cleaner Production*, 174, 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.334>
- Ma, Z., Ren, Y., Xiang, X., & Turk, Z. (2020). Data-driven decision-making for equipment maintenance. *Automation in Construction*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103103>
- Mao, J. yang, Pan, Q. ke, Miao, Z. hua, & Gao, L. (2021). An effective multi-start iterated greedy algorithm to minimize makespan for the distributed permutation flowshop scheduling problem with preventive maintenance. *Expert Systems with Applications*, 169. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114495>
- Mathew, M., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. J. (2022). Selection of an Optimal Maintenance Strategy Under Uncertain Conditions: An Interval Type-2 Fuzzy AHP-TOPSIS Method. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(4), 1121–1134. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2977141>
- Melani, A. H. A., Murad, C. A., Caminada Netto, A., Souza, G. F. M. de, & Nabeta, S. I. (2018). Criticality-based maintenance of a coal-fired power plant. *Energy*, 147, 767–781. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.048>
- Mirsaeedi, H., Fereidunian, A., Mohammadi-Hosseininejad, S. M., & Lesani, H. (2018). Electricity Distribution System Maintenance Budgeting: A Reliability-Centered Approach. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 33(4), 1599–1610. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2017.2772202>
- Moradi, S., Vahidinasab, V., Kia, M., & Dehghanian, P. (2019). A mathematical framework for reliability-centered maintenance in microgrids. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 29(1). <https://doi.org/10.1002/etep.2691>
- Morales Méndez, J. D., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(1–4), 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2, 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *Production and Manufacturing Research*, 3(1), 236–272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance* (Second Edition). Industrial Press.

## Referências

- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case Study of a Chemical Manufacturing Company. *Procedia Manufacturing*, 4, 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.063>
- Núñez, D. L., & Borsato, M. (2018). OntoProg: An ontology-based model for implementing Prognostics Health Management in mechanical machines. *Advanced Engineering Informatics*, 38, 746–759. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.10.006>
- O QUE FAZEMOS - PEFC Portugal. (n.d.). Retrieved April 18, 2025, from <https://www.pefc.pt/o-que-fazemos>
- Oliveira, C., & Lima, T. M. (2023). Setup Time Reduction of an Automotive Parts Assembly Line Using Lean Tools and Quality Tools. *Eng*, 4(3), 2352–2362. <https://doi.org/10.3390/eng4030134>
- O'mahony, L., McCarthy, K., O'donoghue, J., Teeling, S. P., Ward, M., & McNamara, M. (2021). Using lean six sigma to redesign the supply chain to the operating room department of a private hospital to reduce associated costs and release nursing time to care. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph182111011>
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- O'Reilly, K., Ruokis, S., Russell, K., Teves, T., DiLibero, J., Yassa, D., Berry, H., & Howell, M. D. (2016). Standard work for room entry: Linking lean, hand hygiene, and patient-centeredness. *Healthcare*, 4(1), 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.hjdsi.2015.12.008>
- Pačaiová, H., & Ižaríková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pascu, C. I., Malciu, R., Nicolicescu, C., & Gheorghe, S. (2023). *Implementation of the Lean Manufacturing 6S Technique - Case Study* (pp. 476–488). [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-152-4\\_53](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-152-4_53)
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>

## Referências

- Pinciroli, L., Baraldi, P., & Zio, E. (2023). Maintenance optimization in industry 4.0. *Reliability Engineering and System Safety*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109204>
- Pinto, G., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G., Casais, R., Baptista, A., & Carvalho, C. (2020). Implementing a maintenance strategic plan using TPM methodology. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT*. <https://doi.org/10.24867/IJEM-2020-3-26>
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of lean methodologies in the management of consumable materials in the maintenance workshops of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 38, 975–982. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>
- Prasetyo, Y., & Veroya, F. (2020). An Application of Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Minimizing the Bottleneck Process in Semiconductor Industry. *2020 IEEE 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND APPLICATIONS (ICIEA 2020)*. <https://doi.org/10.1109/iciea49774.2020.9101925>
- Qin, Y., Chen, D., Xiang, S., & Zhu, C. (2021). Gated Dual Attention Unit Neural Networks for Remaining Useful Life Prediction of Rolling Bearings. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(9), 6438–6447. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.2999442>
- Rahman, C. M. L. (2015). *Assessment of Total Productive Maintenance implementation in a semiautomated manufacturing company through downtime and mean downtime analysis*. 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT (IEOM).
- Ramdass, K. (2015). *Integrating 5S Principles with Process Improvement- A Case Study*.
- Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. In *Reliability Engineering and System Safety* (Vol. 60).
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Rossi, A. H. G., Marcondes, G. B., Pontes, J., Leitão, P., Treinta, F. T., De Resende, L. M. M., Mosconi, E., & Yoshino, R. T. (2022). Lean Tools in the Context of Industry 4.0: Literature Review, Implementation and Trends. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 19). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su141912295>
- Sá, J. C., Manuel, V., Silva, F. J. G., Santos, G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Carvalho, M. (2021). Lean Safety - assessment of the impact of 5S and Visual Management on safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1193(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1193/1/012049>

## Referências

- Saihi, A., Ben-Daya, M., & As'ad, R. (2023). A hierarchical component model for sustainable performance measurement of maintenance practices: A fourth-order PLS-SEM approach. *Computers and Industrial Engineering*, 185. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109699>
- Santos, E., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/app13179974>
- Schoeman, Y., Oberholster, P., & Somerset, V. (2020). *Value Stream Mapping as a Supporting Management Tool to Identify the Flow of Industrial Waste: A Case Study*. <https://doi.org/10.3390/su130>
- Schuman, C. A., & Brent, A. C. (2005). Asset life cycle management: Towards improving physical asset performance in the process industry. *International Journal of Operations and Production Management*, 25(6), 566–579. <https://doi.org/10.1108/01443570510599728>
- Shafiee, M., Enjema, E., & Kolios, A. (2019). An integrated FTA-FMEA model for risk analysis of engineering systems: A case study of subsea blowout preventers. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/app9061192>
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., & Wang, X. (2020). Value adding and non-value adding activities in turnaround maintenance process: classification, validation, and benefits. *Production Planning and Control*, 31(1), 60–77. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1629038>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total productive maintenance (TPM) implementation in a machine shop: A case study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- Skeldon, S. C., Simmons, A., Hersey, K., Finelli, A., Jewett, M. A., Zlotta, A. R., & Fleshner, N. E. (2014). Lean methodology improves efficiency in outpatient academic uro-oncology clinics. *Urology*, 83(5), 992–998. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2013.11.048>
- Thakur, P., Kumar, R., Kumar, S., Pathania, A., & Goel, B. (2021). Analysis and optimization of properties of paint materials for reduction of paint defects in agro products. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5617–5623. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.349>
- Tian, Z., Jin, T., Wu, B., & Ding, F. (2011). Condition based maintenance optimization for wind power generation systems under continuous monitoring. *Renewable Energy*, 36(5), 1502–1509. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.028>
- Tian, Z., Wu, B., & Chen, M. (2014). Condition-based maintenance optimization considering improving prediction accuracy. *Journal of the Operational Research Society*, 65(9), 1412–1422. <https://doi.org/10.1057/jors.2013.65>
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>

## Referências

- Vaz, E., Vieira De Sá, J. C., Santos, G., Correia, F., & Ávila, P. (2023). The value of TPM for Portuguese companies. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 29(1), 286–312. <https://doi.org/10.1108/JQME-12-2020-0121>
- Vishnu, C. R., & Regikumar, V. (2016). Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study. *Procedia Technology*, 25, 1080–1087. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.211>
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. In *Int. J. Production Economics* (Vol. 77).
- Wang, H. (2002). *A survey of maintenance policies of deteriorating systems*. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00197-7)
- Werner, M. J. E., Yamada, A. P. L., Domingos, E. G. N., Leite, L. R., & Pereira, C. R. (2021). Exploring Organizational Resilience Through Key Performance Indicators. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(1), 51–65. <https://doi.org/10.1080/21681015.2020.1839582>
- Wiktorsson, M., Andersson, C., & Turunen, V. (2018). Leading towards high-performance manufacturing - Enabling indicators in early R&D phases ensuring future KPI outcome. *Procedia Manufacturing*, 25, 223–230. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.077>
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM - A Route to World Class Performance: A Route to World Class Performance* (2nd edition). Butterworth Heinemann.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Rawson Associates.
- Yang, L., Chen, Y., Ma, X., Qiu, Q., & Peng, R. (2024). A Prognosis-Centered Intelligent Maintenance Optimization Framework Under Uncertain Failure Threshold. *IEEE Transactions on Reliability*, 73(1), 115–130. <https://doi.org/10.1109/TR.2023.3273082>
- Yerian, L. M., Seestadt, J. A., Gomez, E. R., & Marchant, K. K. (2012). A collaborative approach to lean laboratory workstation design reduces wasted technologist travel. *American Journal of Clinical Pathology*, 138(2), 273–280. <https://doi.org/10.1309/AJCPE0PI2ENWYWMU>
- Zandieh, M., Khatami, A. R., & Rahmati, S. H. A. (2017). Flexible job shop scheduling under condition-based maintenance: Improved version of imperialist competitive algorithm. *Applied Soft Computing Journal*, 58, 449–464. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.04.060>
- Zhang, C., Lim, P., Qin, A. K., & Tan, K. C. (2017). Multiobjective Deep Belief Networks Ensemble for Remaining Useful Life Estimation in Prognostics. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 28(10), 2306–2318. <https://doi.org/10.1109/TNNLS.2016.2582798>
- Zhang, Z., Song, W., & Li, Q. (2022). Dual-Aspect Self-Attention Based on Transformer for Remaining Useful Life Prediction. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71. <https://doi.org/10.1109/TIM.2022.3160561>

## Referências

Zou, G., Faber, M. H., González, A., & Banisoleiman, K. (2021). Fatigue inspection and maintenance optimization: A comparison of information value, life cycle cost and reliability based approaches. *Ocean Engineering*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108286>

# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

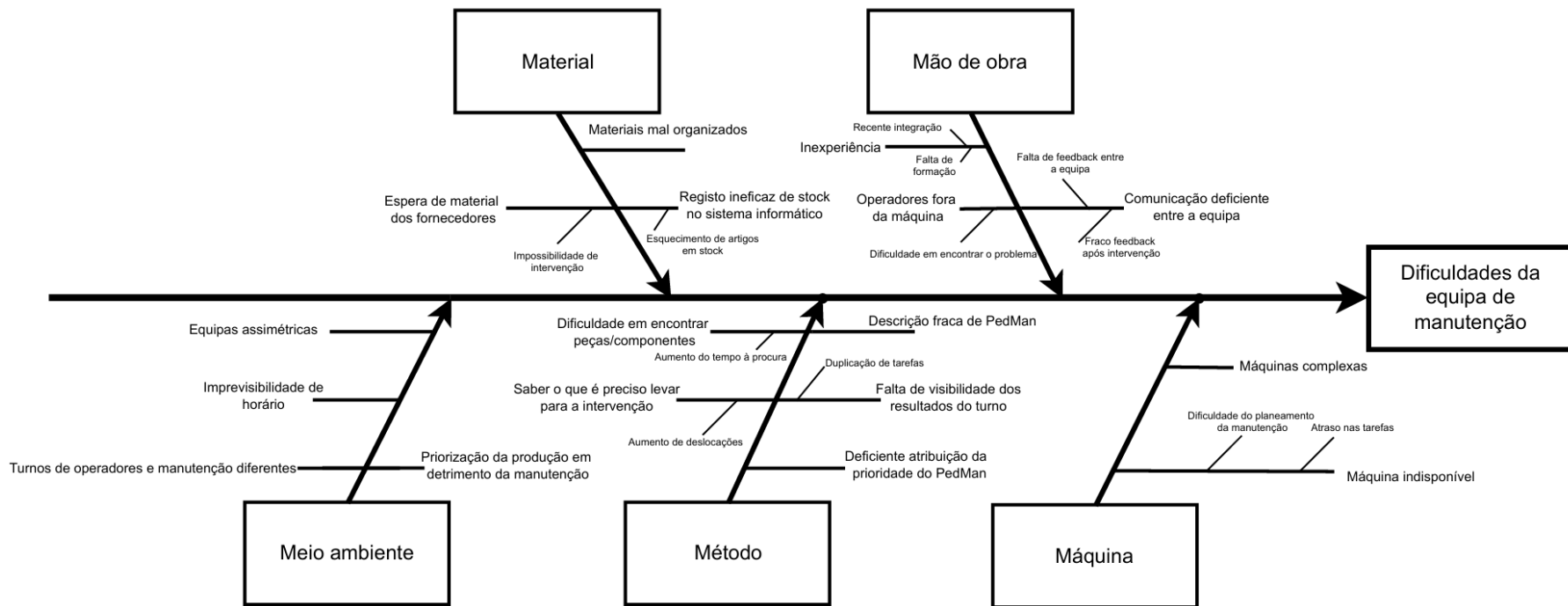
Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Gabriel da Silva Moreira

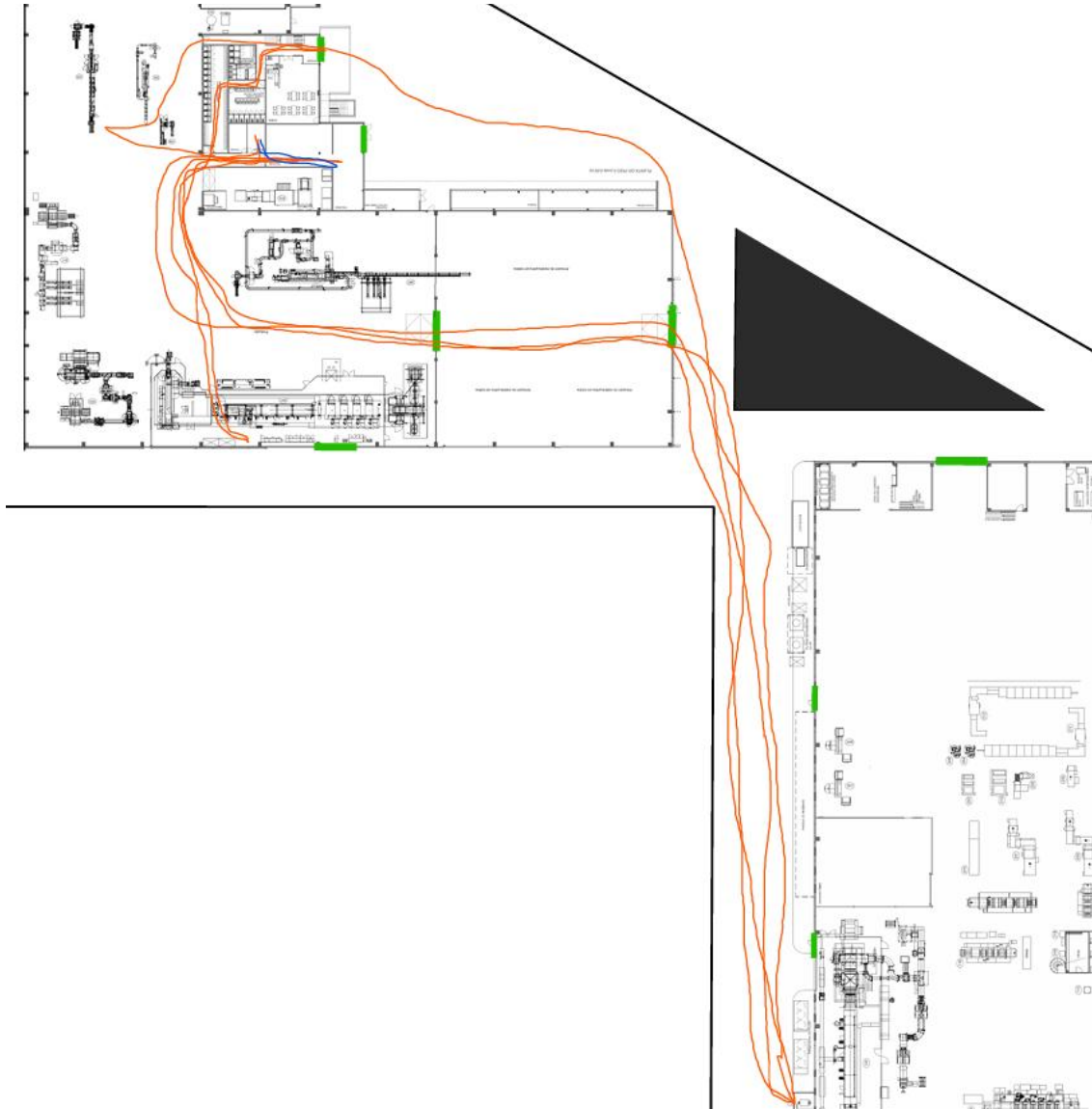
ISEP, Porto, 14 de setembro de 2025



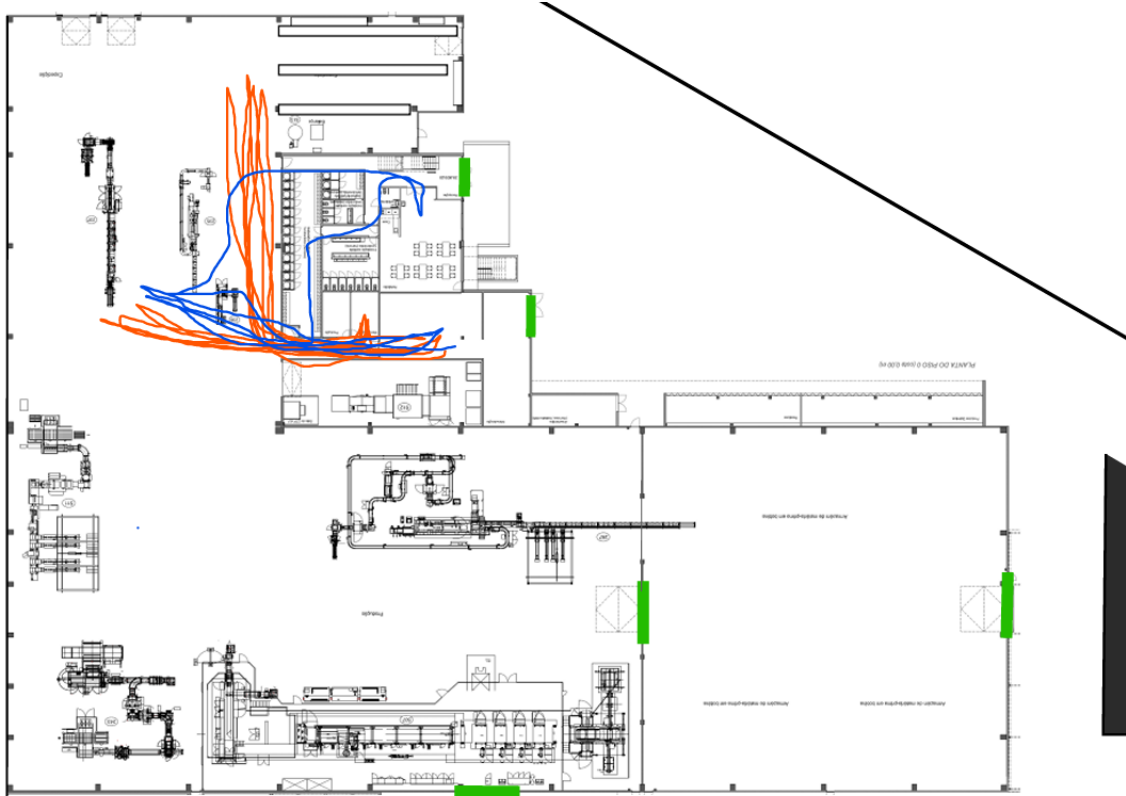
# Apêndice A – Diagrama Ishikawa das dificuldades da equipa da manutenção



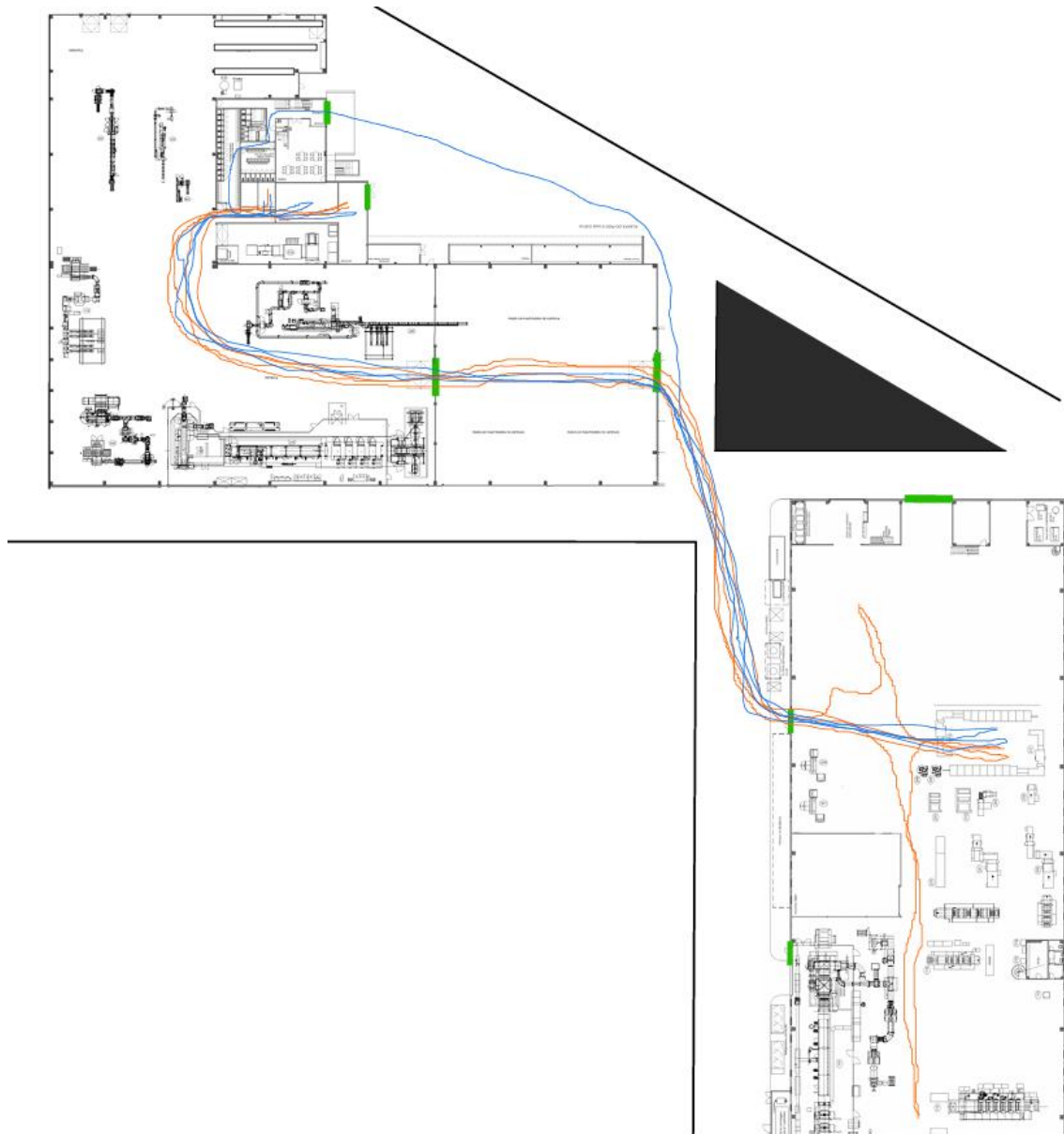
## Apêndice B – Diagrama de esparguete 1



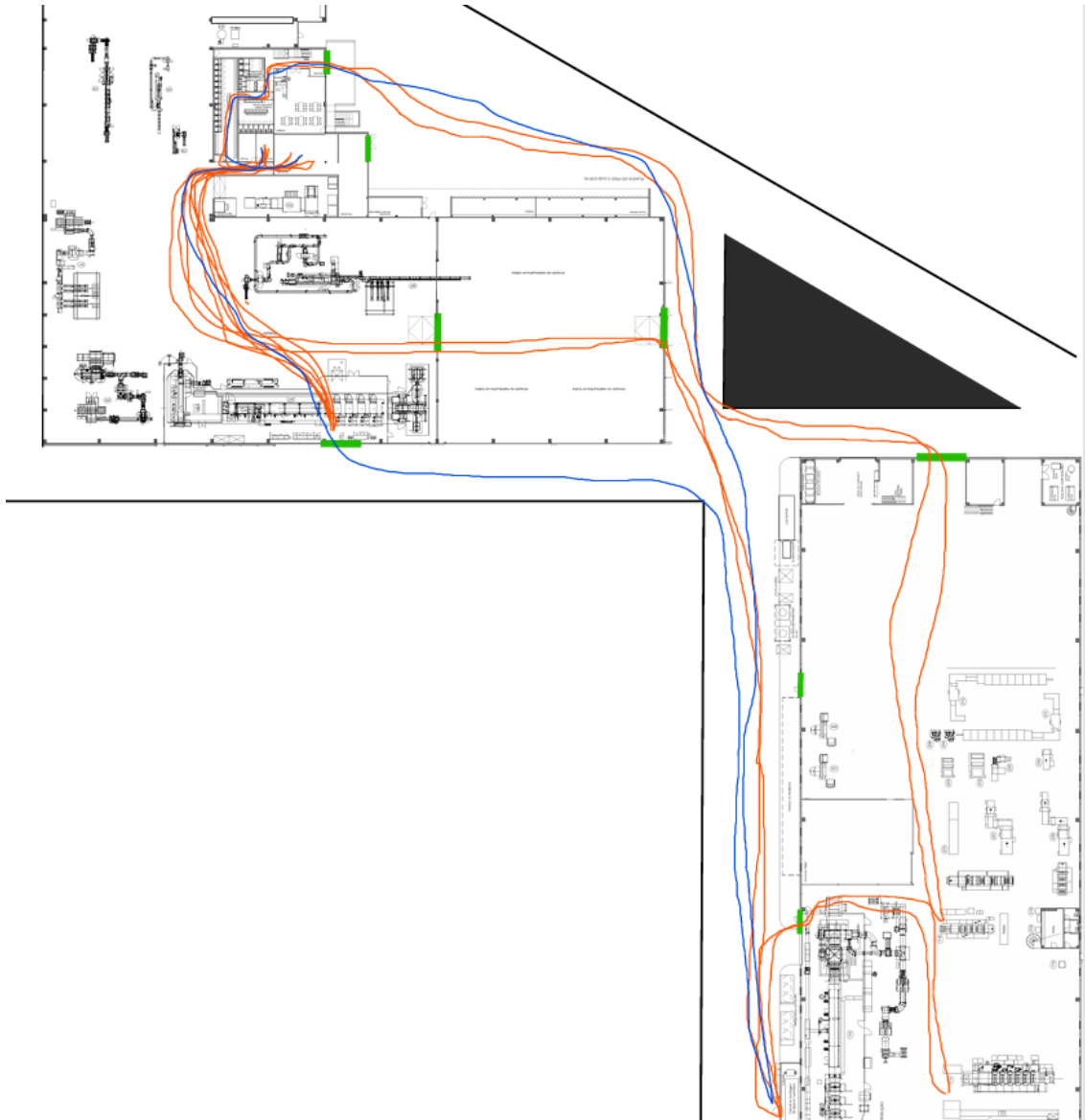
## Apêndice C – Diagrama de esparguete 2



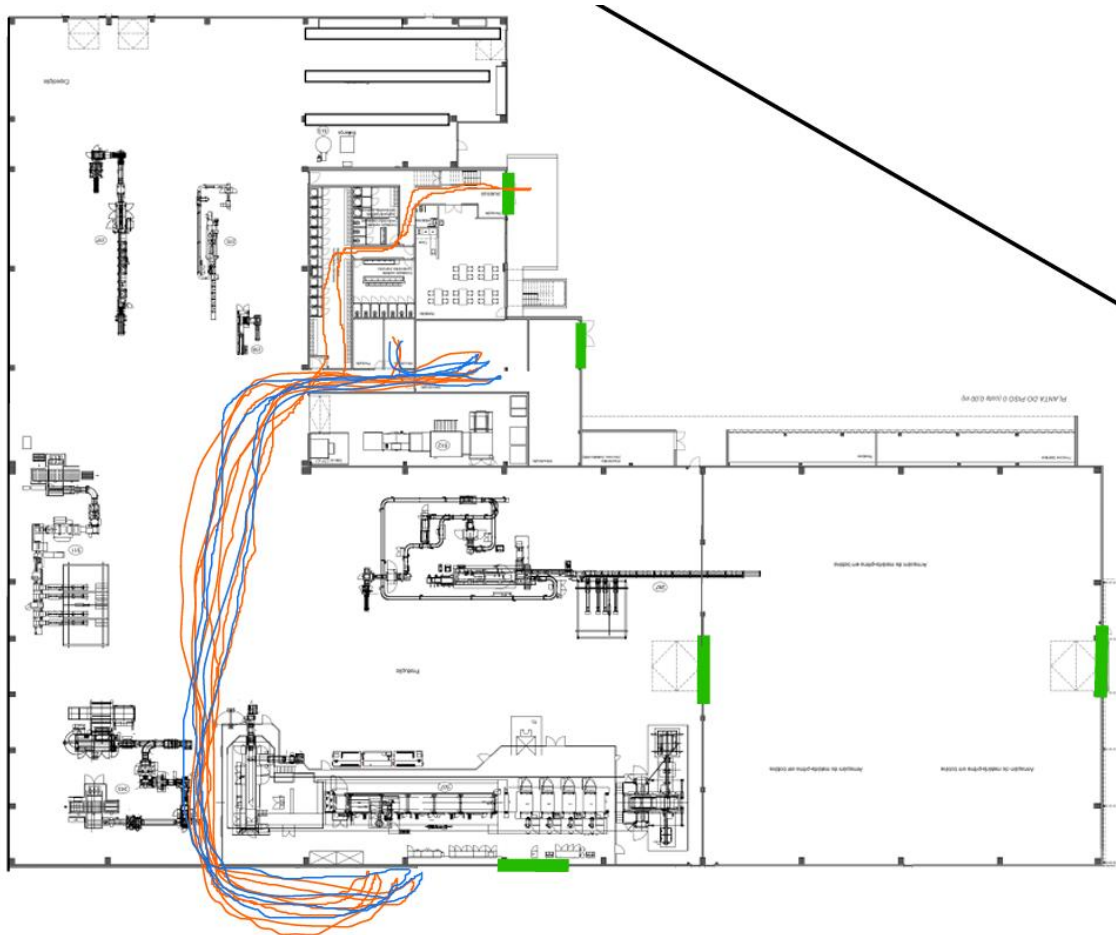
## Apêndice D – Diagrama de esparguete 3



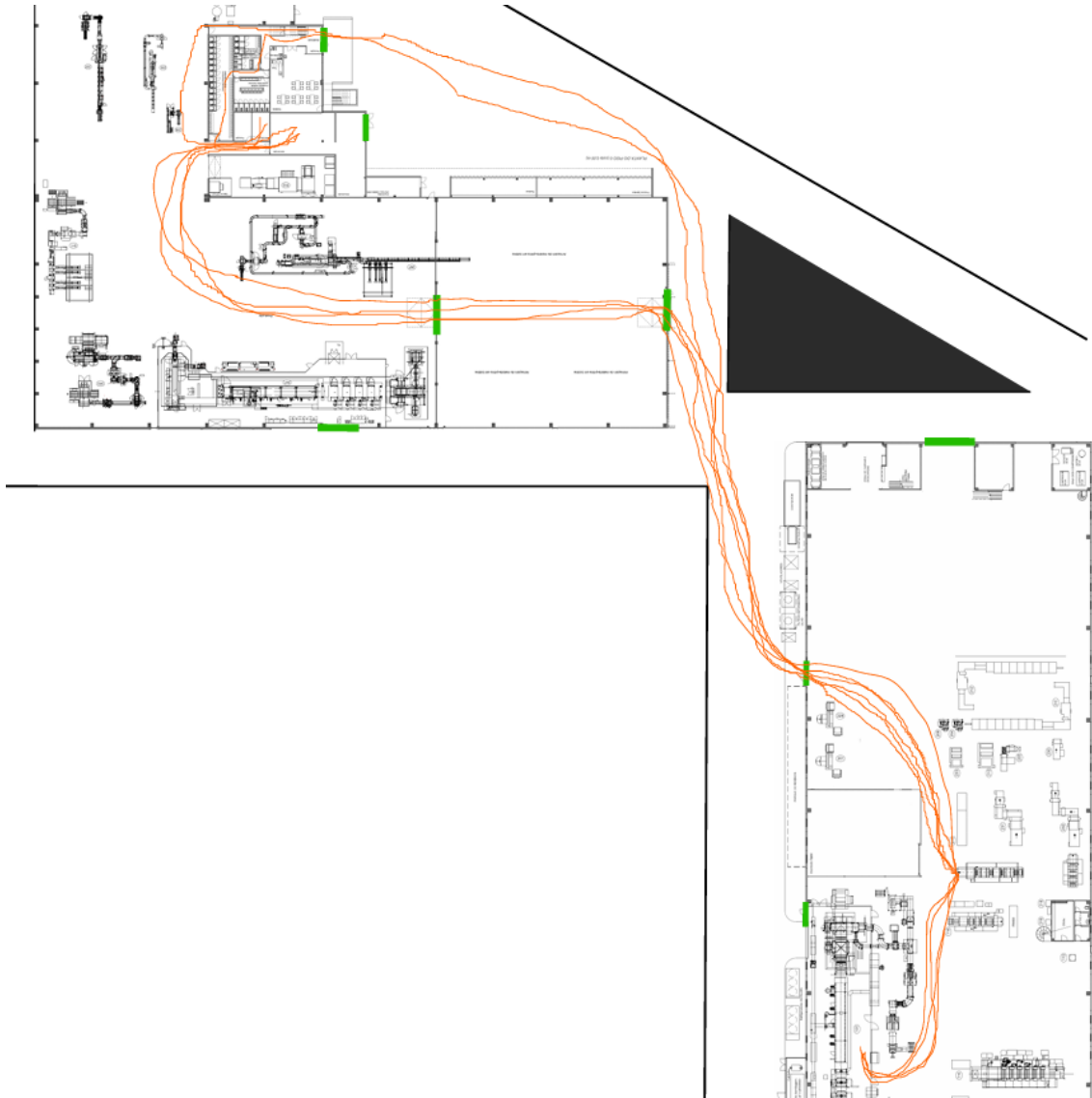
## Apêndice E – Diagrama de esparguete 4



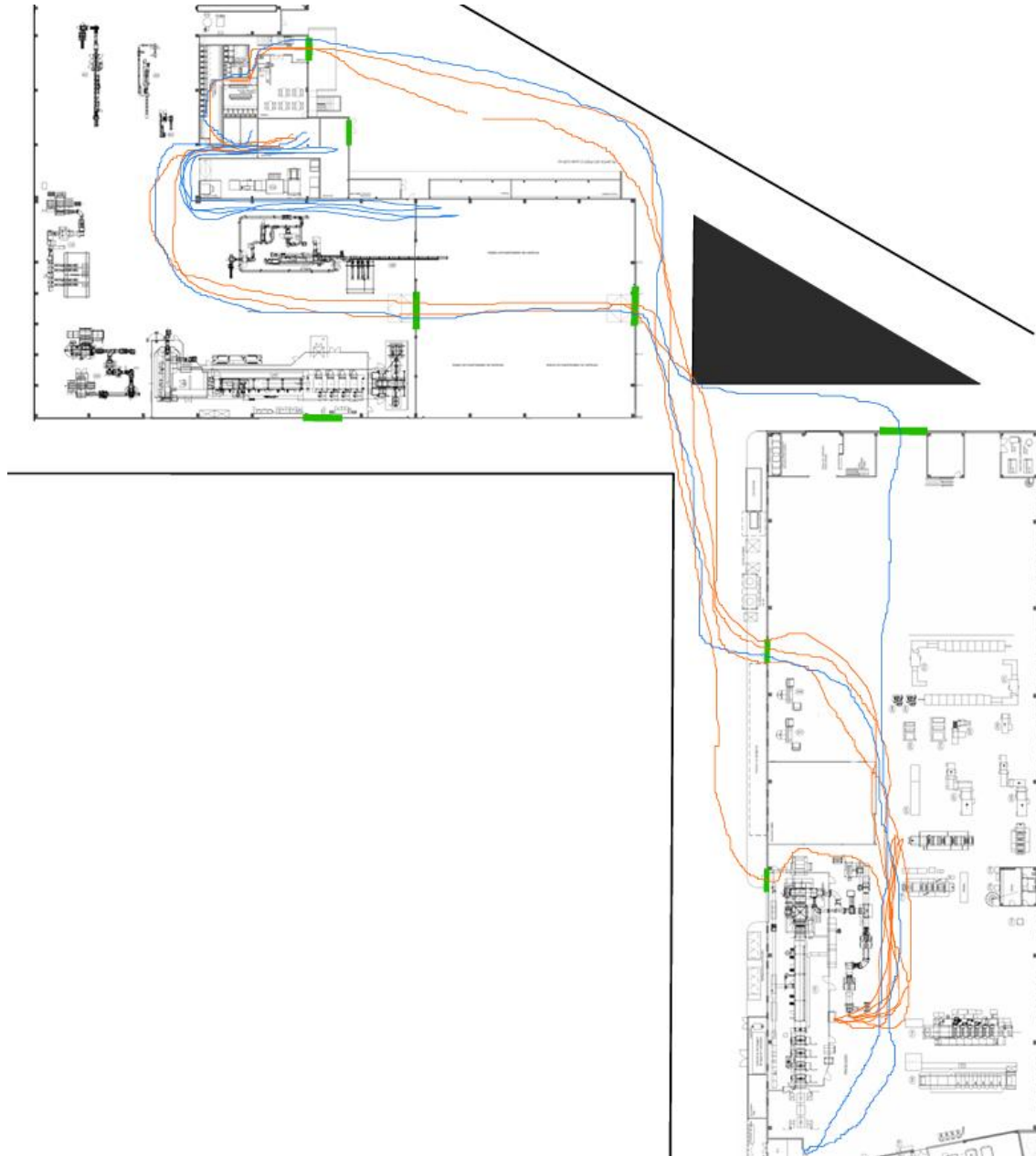
## Apêndice F – Diagrama de esparguete 5



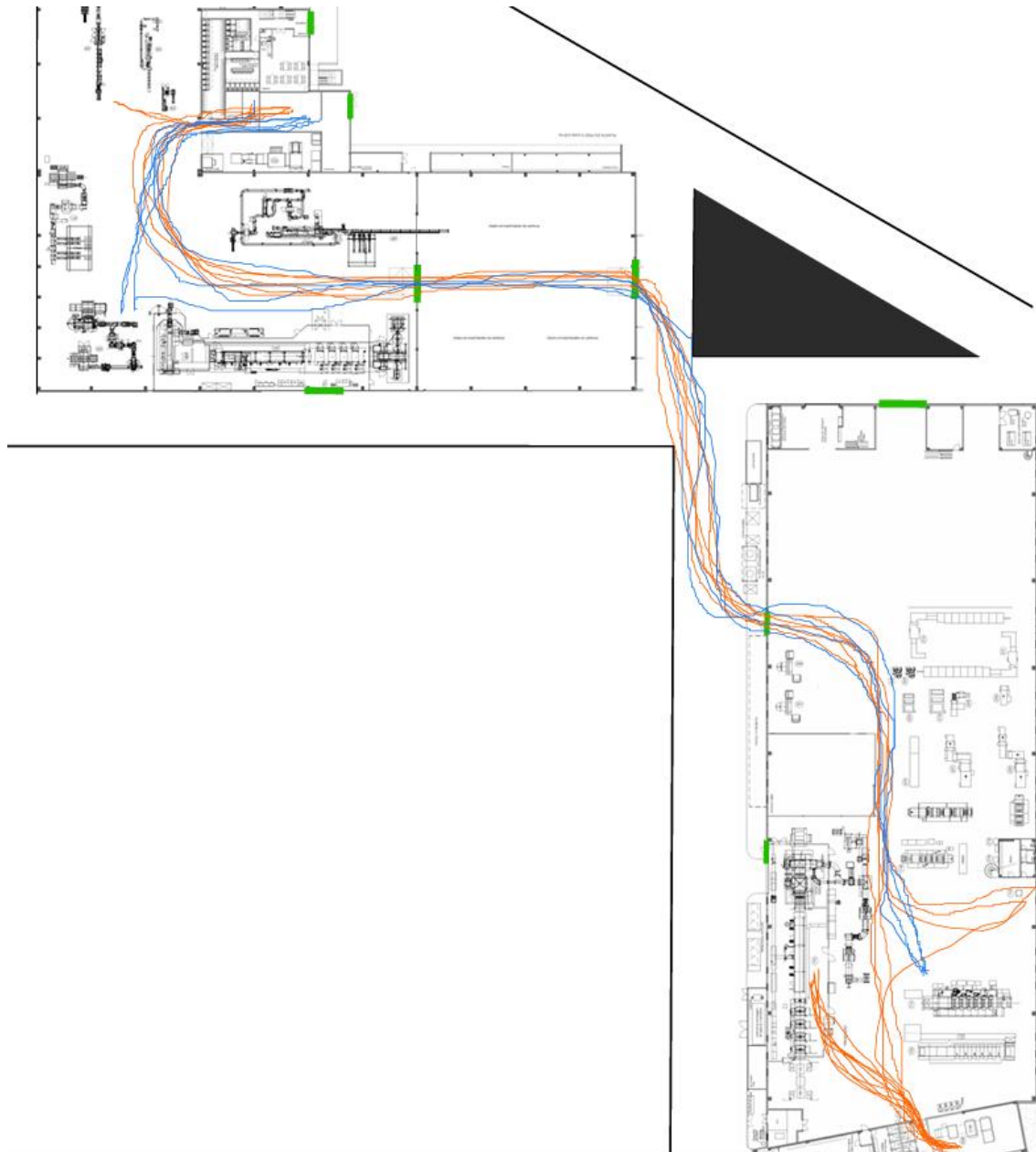
## Apêndice G – Diagrama de esparguete 6



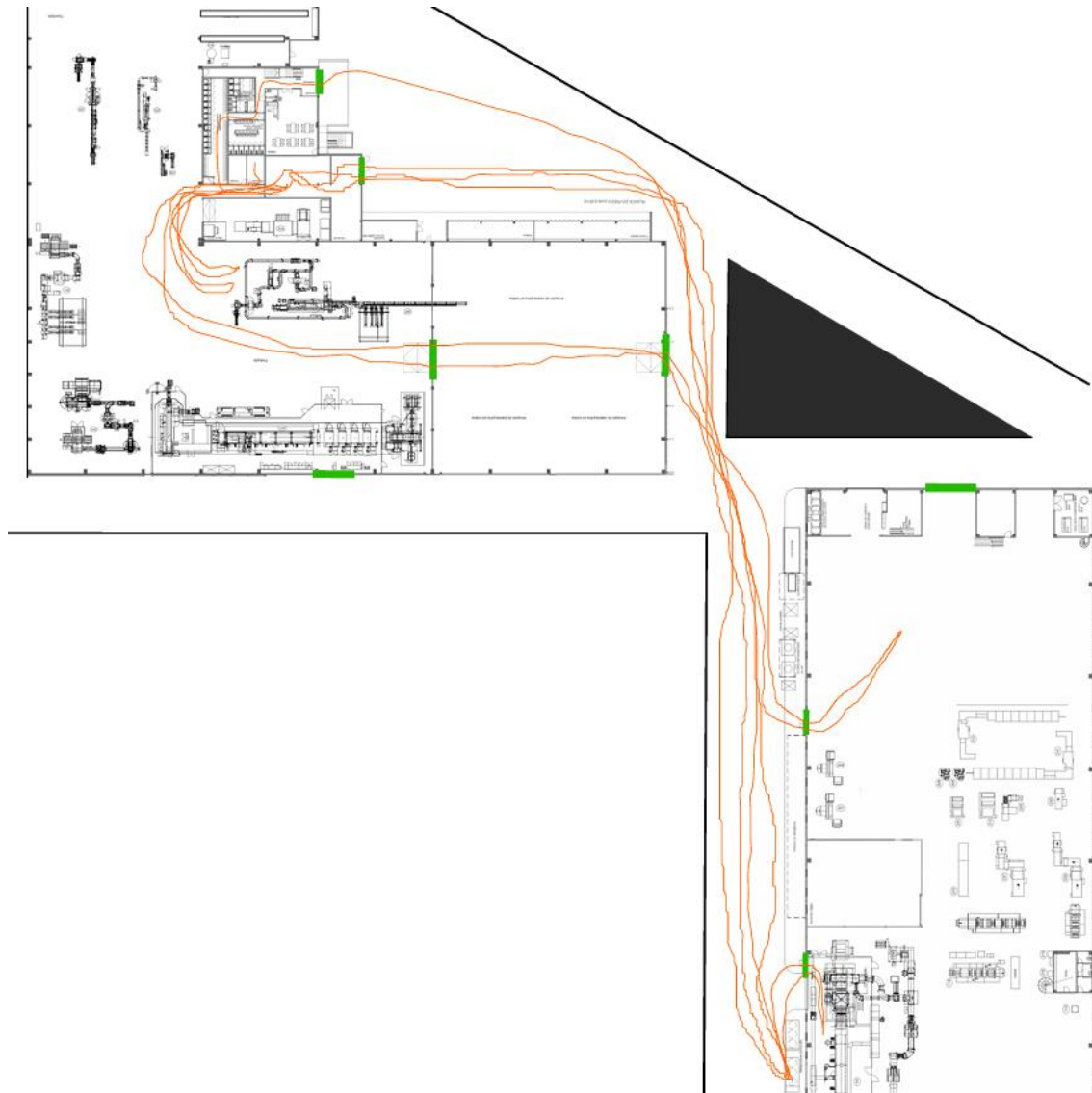
## Apêndice H – Diagrama de esparguete 7



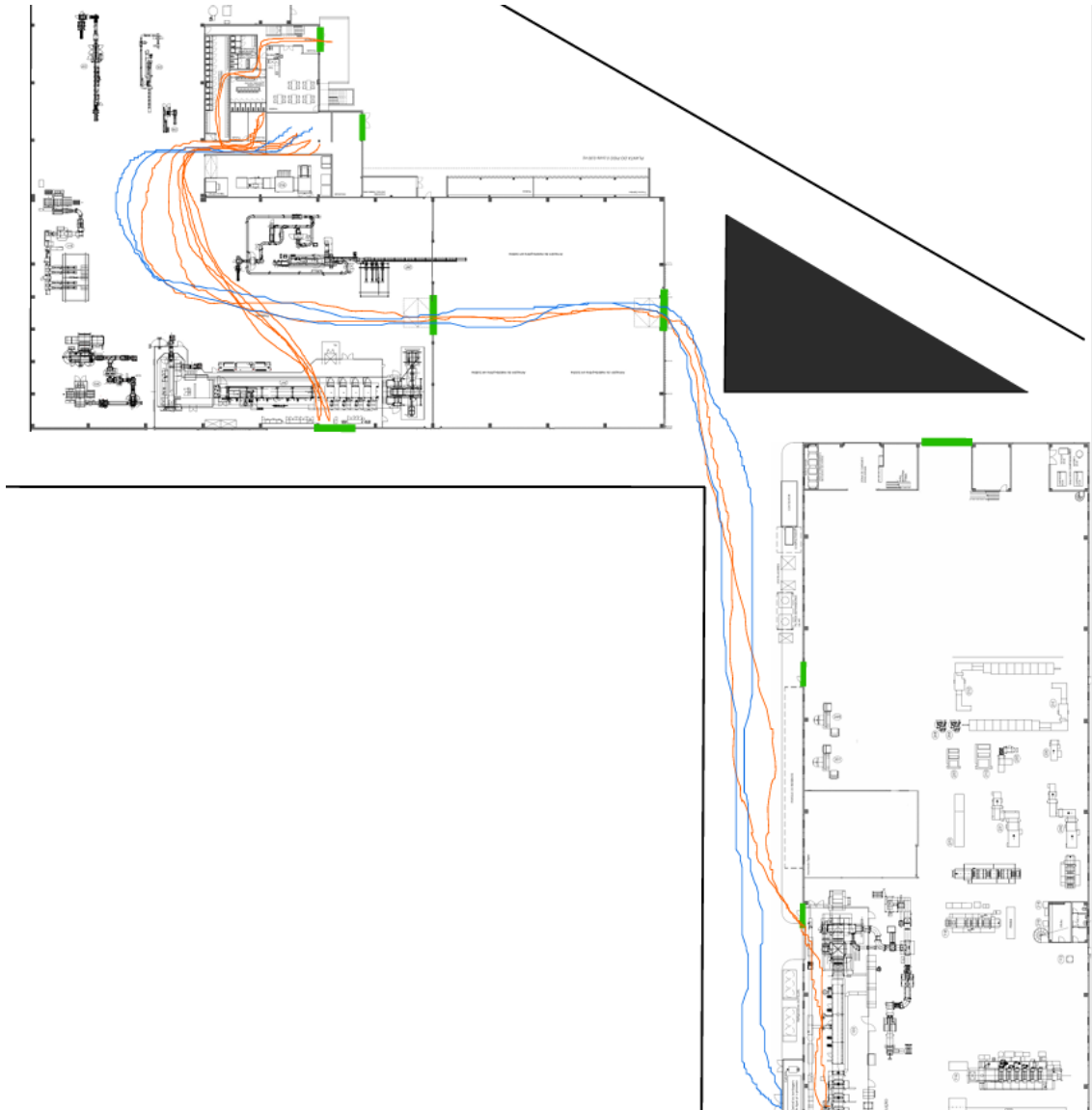
## Apêndice I – Diagrama de esparguete 8



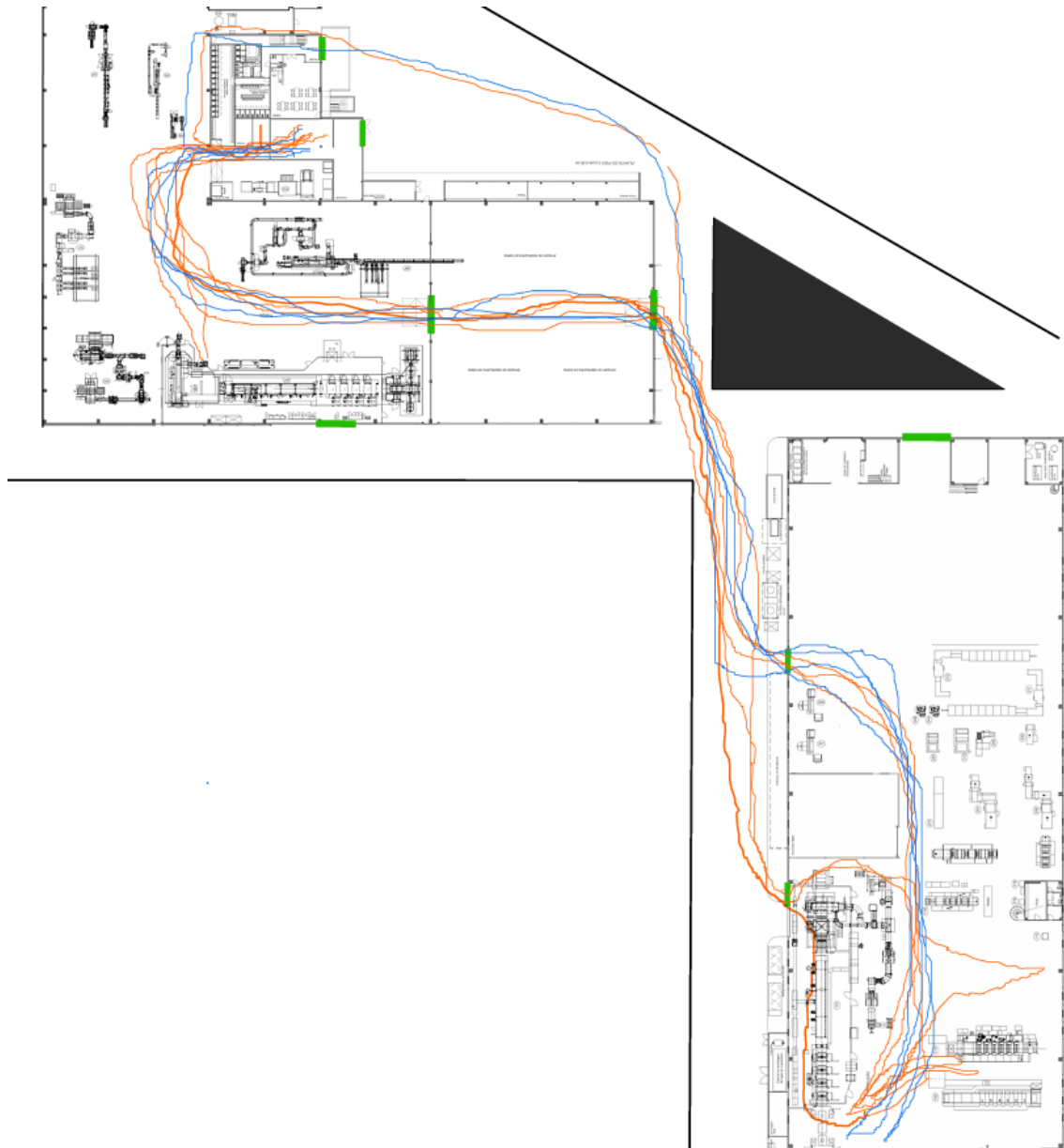
## Apêndice J – Diagrama de esparguete 9



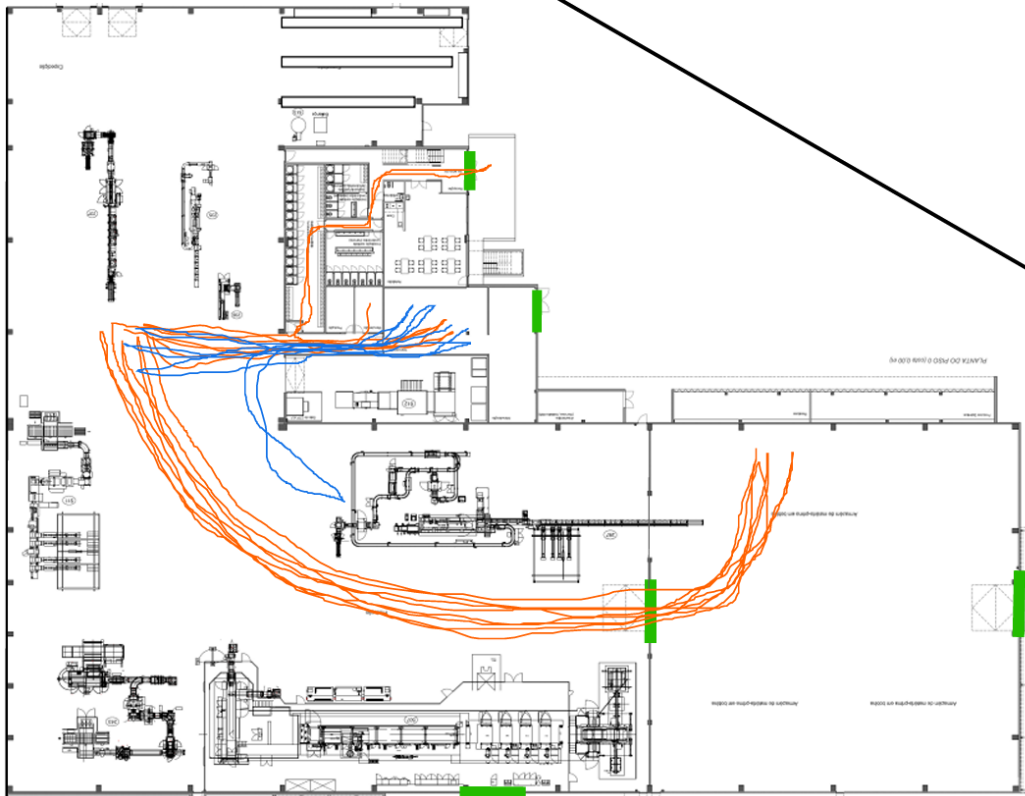
## Apêndice K – Diagrama de esparguete 10



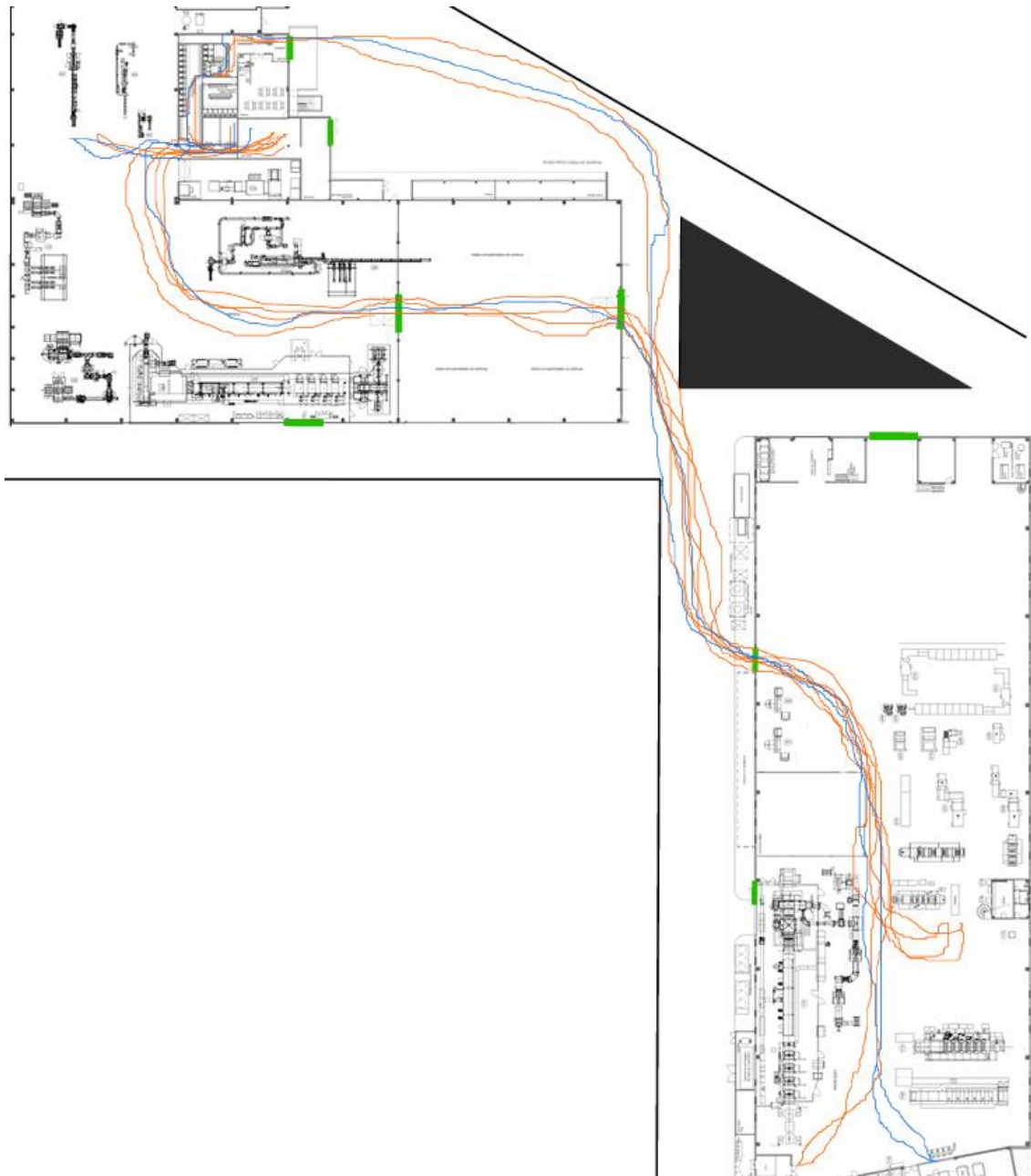
## Apêndice L – Diagrama de esparguete 11



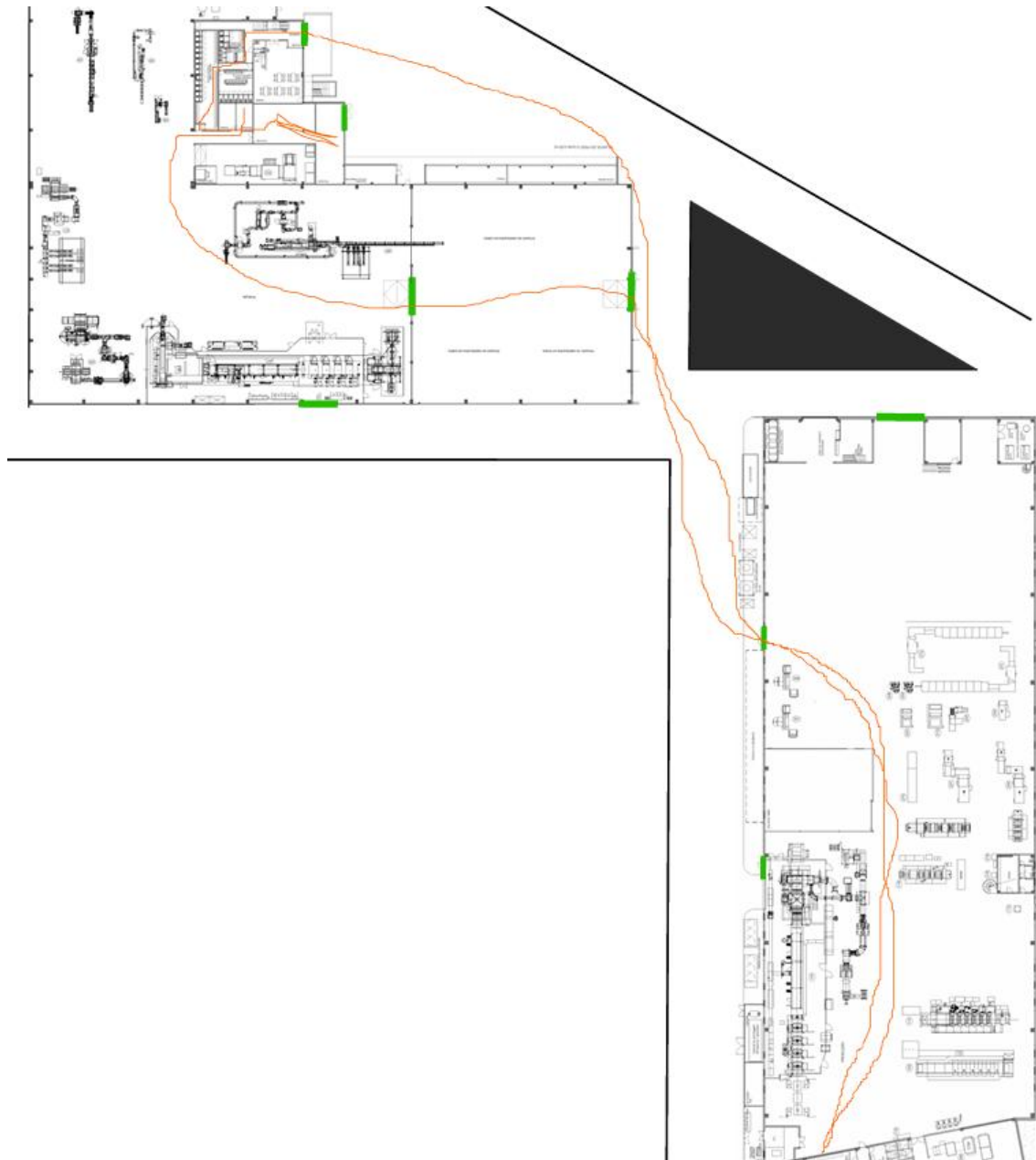
## Apêndice M – Diagrama de esparguete 12



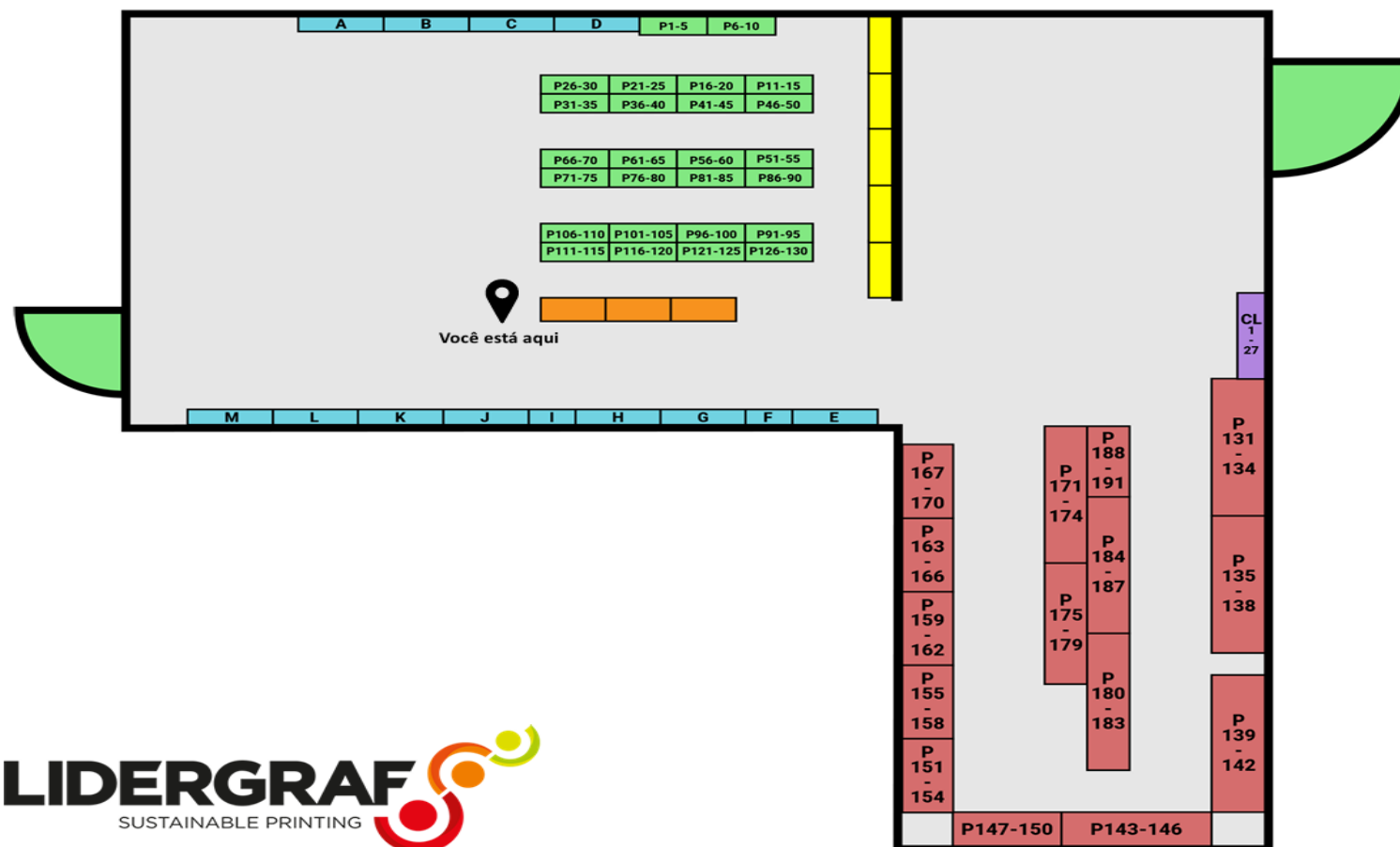
## Apêndice N – Diagrama de esparguete 13



## Apêndice O – Diagrama de esparguete 14



## Apêndice P – Layout das prateleiras na oficina



## Apêndice Q – Organização das prateleiras por máquina P1-10



Organização Prateleiras

P 10	
P 9	
P 8	
P 7	
P 6	
P 5	
P 4	
P 3	
P 2	
P 1	

Visão geral das prateleiras:

P 10
P 9
P 8
P 7
P 6
P 5
P 4
P 3
P 2
P 1

P 11	P 50
P 12	P 49
P 13	P 48
P 14	P 47
P 15	P 46
P 16	P 45
P 17	P 44
P 18	P 43
P 19	P 42
P 20	P 41
P 21	P 40
P 22	P 39
P 23	P 38
P 24	P 37
P 25	P 36
P 26	P 35
P 27	P 34
P 28	P 33
P 29	P 32
P 30	P 31

P 51	P 90
P 52	P 89
P 53	P 88
P 54	P 87
P 55	P 86
P 56	P 85
P 57	P 84
P 58	P 83
P 59	P 82
P 60	P 81
P 61	P 80
P 62	P 79
P 63	P 78
P 64	P 77
P 65	P 76
P 66	P 75
P 67	P 74
P 68	P 73
P 69	P 72
P 70	P 71

P 91	P 130
P 92	P 129
P 93	P 128
P 94	P 127
P 95	P 126
P 96	P 125
P 97	P 124
P 98	P 123
P 99	P 122
P 100	P 121
P 101	P 120
P 102	P 119
P 103	P 118
P 104	P 117
P 105	P 116
P 106	P 115
P 107	P 114
P 108	P 113
P 109	P 112
P 110	P 111

## Apêndice R – Organização das prateleiras por máquina P11-50



Organização Prateleiras

P 11		P 50	
P 12		P 49	
P 13		P 48	
P 14		P 47	
P 15		P 46	
P 16		P 45	
P 17		P 44	
P 18		P 43	
P 19		P 42	
P 20		P 41	
P 21		P 40	
P 22		P 39	
P 23		P 38	
P 24		P 37	
P 25		P 36	
P 26		P 35	
P 27		P 34	
P 28		P 33	
P 29		P 32	
P 30		P 31	

Visão geral das prateleiras:

P 10	<b>P 11</b>	<b>P 50</b>	P 51	P 90	P 91	P 130
P 9	<b>P 12</b>	<b>P 49</b>	P 52	P 89	P 92	P 129
P 8	<b>P 13</b>	<b>P 48</b>	P 53	P 88	P 93	P 128
P 7	<b>P 14</b>	<b>P 47</b>	P 54	P 87	P 94	P 127
P 6	<b>P 15</b>	<b>P 46</b>	P 55	P 86	P 95	P 126
P 5	<b>P 16</b>	<b>P 45</b>	P 56	P 85	P 96	P 125
P 4	<b>P 17</b>	<b>P 44</b>	P 57	P 84	P 97	P 124
P 3	<b>P 18</b>	<b>P 43</b>	P 58	P 83	P 98	P 123
P 2	<b>P 19</b>	<b>P 42</b>	P 59	P 82	P 99	P 122
P 1	<b>P 20</b>	<b>P 41</b>	P 60	P 81	P 100	P 121
	<b>P 21</b>	<b>P 40</b>	P 61	P 80	P 101	P 120
	<b>P 22</b>	<b>P 39</b>	P 62	P 79	P 102	P 119
	<b>P 23</b>	<b>P 38</b>	P 63	P 78	P 103	P 118
	<b>P 24</b>	<b>P 37</b>	P 64	P 77	P 104	P 117
	<b>P 25</b>	<b>P 36</b>	P 65	P 76	P 105	P 116
	<b>P 26</b>	<b>P 35</b>	P 66	P 75	P 106	P 115
	<b>P 27</b>	<b>P 34</b>	P 67	P 74	P 107	P 114
	<b>P 28</b>	<b>P 33</b>	P 68	P 73	P 108	P 113
	<b>P 29</b>	<b>P 32</b>	P 69	P 72	P 109	P 112
	<b>P 30</b>	<b>P 31</b>	P 70	P 71	P 110	P 111

## Apêndice S – Organização das prateleiras por máquina P51-90



Organização Prateleiras

P 51		P 90	
P 52		P 89	
P 53		P 88	
P 54		P 87	
P 55		P 86	
P 56		P 85	
P 57		P 84	
P 58		P 83	
P 59		P 82	
P 60		P 81	
P 61		P 80	
P 62		P 79	
P 63		P 78	
P 64		P 77	
P 65		P 76	
P 66		P 75	
P 67		P 74	
P 68		P 73	
P 69		P 72	
P 70		P 71	

Visão geral das prateleiras:

P 10	P 11	P 50	<b>P 51</b>	<b>P 90</b>	P 91	P 130
P 9	P 12	P 49	<b>P 52</b>	<b>P 89</b>	P 92	P 129
P 8	P 13	P 48	<b>P 53</b>	<b>P 88</b>	P 93	P 128
P 7	P 14	P 47	<b>P 54</b>	<b>P 87</b>	P 94	P 127
P 6	P 15	P 46	<b>P 55</b>	<b>P 86</b>	P 95	P 126
P 5	P 16	P 45	<b>P 56</b>	<b>P 85</b>	P 96	P 125
P 4	P 17	P 44	<b>P 57</b>	<b>P 84</b>	P 97	P 124
P 3	P 18	P 43	<b>P 58</b>	<b>P 83</b>	P 98	P 123
P 2	P 19	P 42	<b>P 59</b>	<b>P 82</b>	P 99	P 122
P 1	P 20	P 41	<b>P 60</b>	<b>P 81</b>	P 100	P 121
	P 21	P 40	<b>P 61</b>	<b>P 80</b>	P 101	P 120
	P 22	P 39	<b>P 62</b>	<b>P 79</b>	P 102	P 119
	P 23	P 38	<b>P 63</b>	<b>P 78</b>	P 103	P 118
	P 24	P 37	<b>P 64</b>	<b>P 77</b>	P 104	P 117
	P 25	P 36	<b>P 65</b>	<b>P 76</b>	P 105	P 116
	P 26	P 35	<b>P 66</b>	<b>P 75</b>	P 106	P 115
	P 27	P 34	<b>P 67</b>	<b>P 74</b>	P 107	P 114
	P 28	P 33	<b>P 68</b>	<b>P 73</b>	P 108	P 113
	P 29	P 32	<b>P 69</b>	<b>P 72</b>	P 109	P 112
	P 30	P 31	<b>P 70</b>	<b>P 71</b>	P 110	P 111

# Apêndice T – Organização das prateleiras por máquina P91-130



Organização Prateleiras

<b>P 91</b>		<b>P 130</b>	
<b>P 92</b>		<b>P 129</b>	
<b>P 93</b>		<b>P 128</b>	
<b>P 94</b>		<b>P 127</b>	
<b>P 95</b>		<b>P 126</b>	
<b>P 96</b>		<b>P 125</b>	
<b>P 97</b>		<b>P 124</b>	
<b>P 98</b>		<b>P 123</b>	
<b>P 99</b>		<b>P 122</b>	
<b>P 100</b>		<b>P 121</b>	
<b>P 101</b>		<b>P 120</b>	
<b>P 102</b>		<b>P 119</b>	
<b>P 103</b>		<b>P 118</b>	
<b>P 104</b>		<b>P 117</b>	
<b>P 105</b>		<b>P 116</b>	
<b>P 106</b>		<b>P 115</b>	
<b>P 107</b>		<b>P 114</b>	
<b>P 108</b>		<b>P 113</b>	
<b>P 109</b>		<b>P 112</b>	
<b>P 110</b>		<b>P 111</b>	

Visão geral das prateleiras:

P 10	P 11	P 50	P 51	P 90	<b>P 91</b>	<b>P 130</b>
P 9	P 12	P 49	P 52	P 89	<b>P 92</b>	<b>P 129</b>
P 8	P 13	P 48	P 53	P 88	<b>P 93</b>	<b>P 128</b>
P 7	P 14	P 47	P 54	P 87	<b>P 94</b>	<b>P 127</b>
P 6	P 15	P 46	P 55	P 86	<b>P 95</b>	<b>P 126</b>
P 5	P 16	P 45	P 56	P 85	<b>P 96</b>	<b>P 125</b>
P 4	P 17	P 44	P 57	P 84	<b>P 97</b>	<b>P 124</b>
P 3	P 18	P 43	P 58	P 83	<b>P 98</b>	<b>P 123</b>
P 2	P 19	P 42	P 59	P 82	<b>P 99</b>	<b>P 122</b>
P 1	P 20	P 41	P 60	P 81	<b>P 100</b>	<b>P 121</b>
	P 21	P 40	P 61	P 80	<b>P 101</b>	<b>P 120</b>
	P 22	P 39	P 62	P 79	<b>P 102</b>	<b>P 119</b>
	P 23	P 38	P 63	P 78	<b>P 103</b>	<b>P 118</b>
	P 24	P 37	P 64	P 77	<b>P 104</b>	<b>P 117</b>
	P 25	P 36	P 65	P 76	<b>P 105</b>	<b>P 116</b>
	P 26	P 35	P 66	P 75	<b>P 106</b>	<b>P 115</b>
	P 27	P 34	P 67	P 74	<b>P 107</b>	<b>P 114</b>
	P 28	P 33	P 68	P 73	<b>P 108</b>	<b>P 113</b>
	P 29	P 32	P 69	P 72	<b>P 109</b>	<b>P 112</b>
	P 30	P 31	P 70	P 71	<b>P 110</b>	<b>P 111</b>

